

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 198 43 179 A 1**

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**G 03 F 7/00**  
H 01 L 21/312

21 Aktenzeichen: 198 43 179.1  
22 Anmeldetag: 21. 9. 98  
43 Offenlegungstag: 22. 7. 99

DE 198 43 179 A 1

30 Unionspriorität:  
10-003205 09. 01. 98 JP  
71 Anmelder:  
Mitsubishi Denki K.K., Tokio/Tokyo, JP  
74 Vertreter:  
Prüfer und Kollegen, 81545 München

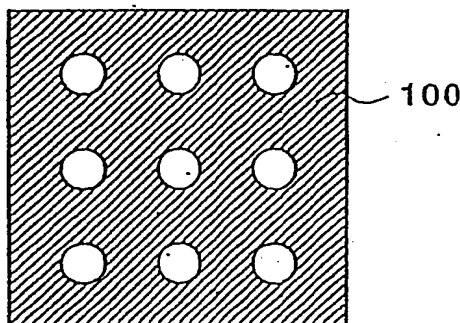
72 Erfinder:  
Ishibashi, Takeo, Tokio/Tokyo, JP; Toyoshima,  
Toshikyuki, Tokio/Tokyo, JP; Katayama, Keiichi,  
Itami, Hyogo, JP; Yasuda, Naoki, Tokio/Tokyo, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung und dadurch hergestellte Halbleitervorrichtung

57 Es wird ein Verfahren zum Erzeugen eines reinen Resistmusters beschrieben, das eine überlegene Topographie aufweist, die kleiner als die Grenze der Wellenlänge des Lichtes der Belichtung ist. Ein erstes Resistmuster, welches ein Material aufweist, das fähig ist, eine Säure bei der Belichtung mit Licht zu erzeugen, wird mit einem zweiten Resist bedeckt, welcher ein Material aufweist, das eine Vernetzungsreaktion in Anwesenheit einer Säure verursacht. Eine Säure wird in dem ersten Resistmuster durch Belichten des Musters mit Licht erzeugt, wobei auf diese Weise eine vernetzte Schicht entlang der Grenzfläche zwischen dem ersten Resistmuster und dem zweiten Resist gebildet wird. Als eine Folge wird ein zweites Resistmuster gebildet, welches größer ist als das erste Resistmuster. Kleinsto reine Resistmuster werden durch eine Zweistufenbearbeitung erzeugt: das heißt, durch Entfernen des zweiten Resists von dem Substrat durch Verwenden einer Flüssigkeit, die durch Auflösen eines organischen Lösungsmittels in Wasser hergestellt ist, und durch Spülen des Substrats mit Wasser. Der Durchmesser von in dem Resist gebildeten Löchern oder das Intervall zwischen getrennten Mustern kann verringert werden.



DE 198 43 179 A 1

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung, und insbesondere auf ein Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung, bei dem auf kleinste Weise getrennte Resistmuster gebildet werden und die zugehörigen Seitenwände aufgeraut werden. Genauer gesagt bezieht sich die vorliegende Erfindung auf ein Verfahren zum Herstellen auf kleinste Weise getrennter Resistmuster, in denen ein Raum bzw. Zwischenraum zwischen Mustern und die Größe eines Loches verringert sind. Die vorliegende Erfindung bezieht sich ferner auf ein Verfahren zum Aufrauen der Seitenwände der auf kleinste Weise getrennten Resistmuster nach dem Ätzen.

Die Breite eines Verbindungsauflaufs (bzw. Verbindungskanals) und der Raum zwischen den Verbindungsaufläufen, die zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung erforderlich sind, werden stark verringert, wenn der Grad der Integration einer Halbleitervorrichtung erhöht wird. Kleinste Muster werden durch Bilden eines Resistmusters (bzw. Photolackmusters) durch Verwenden einer Photolithographie und durch Ätzen verschiedener dünner Schichten bzw. Filme unterhalb dem Resistmuster gebildet, während das Resistmuster als eine Maske benutzt wird.

Aus diesem Grund wird die Photolithographie beim Bilden eines kleinsten Musters sehr wichtig. Die Photolithographie weist folgendes auf: einen Resistbeschichtungsvorgang, einen Maskenausrichtungsvorgang, einen Belichtungsvorgang und einen Entwicklungsvorgang. Es gibt eine Begrenzung der Wellenlänge des zum Belichten benutzten Lichtes, was der Miniaturisierung des Musters eine Beschränkung auferlegt.

Methoden, welche in der JP 6-250379 A und in der JP 134422 A beschrieben sind, wurden schon als Verfahren zum Bilden kleinster Resistmuster vorgeschlagen, die kleiner sind als die Grenze der Wellenlänge des Lichtes für Belichtungszwecke, welches durch die vorhandenen Photolithographieverfahren benutzt wird. Die Verfahren verwenden Gegendiffusion von Harzkomponenten, welche in einem ersten und einem zweiten Resist (Photolack) enthalten sind. In diesen Verfahren ist der zweite Resist aus einem Material gebildet, welches in einem organischen Lösungsmittel, das den ersten Resist auflösen kann, löslich ist, was zur Folge hat, daß die ersten Resistmuster verformt werden.

In einem Verfahren, welches zum Entfernen des zweiten Resists verwendet wird, wird der zweite Resist entfernt und gelöst durch Verwenden eines Entwicklers, welcher eine Säure erzeugen und den zweiten Resist bei der Belichtung mit Licht auflösen kann (z. B. TMAH (Tetramethylammoniumhydroxid)). Wenn der zweite Resist mit Licht belichtet wird, werden die ersten Resistmuster neben dem zweiten Resist ebenfalls mit Licht belichtet und manchmal löslich gemacht. Die auf diese Weise löslich gemachten ersten Resistmuster können in einer Lösung aufgelöst werden, welche den zweiten Resist auflösen können. Deshalb gibt es ein hohes Risiko, daß die ersten Resistmuster aufgelöst werden zu dem Zeitpunkt des Auflöserns und Entferners des zweiten Resists, was einen kleinen Spielraum für Fehler in dem Herstellungsvorgang zur Folge hat.

In einem Fall, in dem in der JP 6-250379 A offenbarter Polyvinylalkohol als ein zweiter Resist verwendet wird, ergeben sich mehrere Probleme, wie beispielsweise ein kleiner Effekt des zweiten Resists oder die schlechte Topographie der nach der Behandlung erzeugten Resistmuster. Ferner wird, da der zweite Resist durch Verwenden ausschließlich von Wasser entwickelt wird, der Resist nicht ausreichend gespült, was auf diese Weise Entwicklungsrück-

stände, wie beispielsweise Tropfen zur Folge hat, welche dazu neigen, in dem Muster zu erscheinen. Derartige Entwicklungsrückstände verursachen Fehler, welche in Resistmustern während eines nachfolgenden Ätzprozesses auftauchen.

Wie oben erwähnt, ist es sehr schwierig, kleinste Resistmuster zu bilden, die kleiner sind als die Grenze der Wellenlänge des Lichtes für Belichtungszwecke, welches für die vorhandenen Photolithographieverfahren verwendet wird, unter Verwenden der vorhandenen Photolithographieverfahren.

Obwohl andere Techniken ebenfalls vorgeschlagen wurden, welche das Bilden von Resistmustern ermöglicht, die kleiner sind als die Grenze der Wellenlänge des Lichtes für Belichtungszwecke, weist die Technik mehrere Probleme auf, und daher ist es schwierig, die Technik auf die aktuelle Herstellung einer Halbleitervorrichtung anzuwenden.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Verfahren zum Herstellen auf kleinste Weise getrennter Resistmuster anzugeben, welches das Bilden eines auf kleinste Weise getrennten oder mit Löchern versehenen Musters ermöglicht, das kleiner ist als die Grenze der Wellenlänge des Lichtes für Belichtungszwecke, ein Verfahren des Bildens eines erheblichen sauberen Musters, welches frei von Rückständen wie beispielsweise Tropfen ist und eine überlegene Geometrie aufweist, anzugeben und eine Halbleitervorrichtung anzugeben, welche durch das Benutzen des oben genannten Verfahrens zum Herstellen von auf kleinste Weise getrennter Resistmuster hergestellt ist.

Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren nach Anspruch 1 bzw. durch eine Halbleitervorrichtung nach Anspruch 19.

Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Genäß eines Aspektes wird in einem Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung ein erstes Resistmuster gebildet, welches fähig ist, eine Säure an ein Halbleitersubstrat zu liefern, durch Aufwachsen eines ersten Resists und durch Bilden eines Musters auf bzw. in dem ersten Resist. Ein zweiter Resist wird auf den ersten Resistmuster gebildet und der zweite Resist ist unfähig, das erste Resistmuster aufzulösen, und ist fähig, eine Vernetzungsreaktion in der Anwesenheit einer Säure zu verursachen. Eine vernetzte Schicht bzw. ein vernetzter Film wird entlang der Grenzfläche zwischen dem ersten Resistmuster und dem an das erste Resistmuster angrenzenden zweiten Resist gebildet durch die von dem ersten Resistmuster gelieferte Säure. Ein zweites Resistmuster wird durch eine Mehrschrittbearbeitung gebildet, bei der nicht vernetzte Abschnitte des zweiten Resists entwickelt werden durch Verwenden einer Lösung mit einem hohen Lösungsvermögen, welche unfähig ist, das erste Resistmuster aufzulösen, aber fähig ist, den zweiten Resist aufzulösen, und bei dem das Substrat mit einer Lösung eines niedrigen Lösungsvermögens gespült wird. Schließlich wird das Halbleitersubstrat unter Verwenden des zweiten Resists als eine Maske geätzt.

In einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung ist in dem Verfahren zum Herstellen der Halbleitervorrichtung die Lösung des hohen Lösungsvermögens vorzugsweise eine gemischte Lösung, die durch Mischen von Wasser mit Alkohol oder mit einem wasserlöslichen organischen Lösungsmittel in einem derartigen Ausmaß, daß sie den ersten Resist nicht auflöst, gebildet wird, und die Lösung mit dem niedrigen Lösungsvermögen ist Wasser.

In einem anderen Aspekt weist die Lösung des hohen Lösungsvermögens einen grenzflächenaktiven Stoff auf.

In einem anderen Aspekt erzeugt der erste Resist eine Säure beim Belichten mit Licht (bzw. bei einem Lichtausset-

zen) oder wenn er einer Wärmebehandlung unterzogen wird.

In einem anderen Aspekt diffundiert der erste Resist (bzw. der erste Resist setzt frei) eine darin enthaltende Säure, wenn er einer Wärmebehandlung unterzogen wird, um eine Vernetzungsreaktion an einer Grenzfläche mit dem zweiten Resist zu verursachen.

In einem anderen Aspekt erzeugt der erste Resist eine Säure, wenn er Licht ausgesetzt wird (bzw. wenn er mit Licht belichtet wird) und wenn er einer Wärmebehandlung ausgesetzt wird.

In einem anderen Aspekt enthält der erste Resist eine Säure.

In einem anderen Aspekt wird die Oberfläche des ersten Resistmusters durch Verwenden einer säurehaltigen Lösung oder eines säurehaltigen Gases bearbeitet.

In einem anderen Aspekt wird die vernetzte Schicht (bzw. der vernetzte Film) entlang der Oberfläche einer vorbestimmten Fläche des ersten Resistmusters gebildet durch selektives Belichten der vorbestimmten Fläche mit Licht (bzw. durch selektives Aussetzen einem Licht) und durch Heizen der auf diese Weise belichteten (bzw. ausgesetzten) Fläche.

In einem anderen Aspekt wird die vernetzte Schicht entlang der Oberfläche einer vorbestimmten Fläche des ersten Resistmusters dadurch gebildet, daß die vorbestimmte Fläche selektiv einem Elektronenstrahl ausgesetzt wird.

In einem anderen Aspekt wird der erste Resist aus einer Mischung gebildet, welche Novolak-Harz und ein auf Naphthochinondiazid basierendes lichtempfindliches Mittel aufweist.

In einem anderen Aspekt ist der erste Resist ein chemisch verstärkter Resist, in welchem ein Mechanismus des Erzeugens einer Säure abläuft, wenn der Resist UV-Strahlen, einem Elektronenstrahl oder Röntgenstrahlen ausgesetzt wird.

In einem anderen Aspekt wird der zweite Resist aus einer Gruppe ausgewählt, welche ein wasserlösliches Harz, ein wasserlösliches Harz, welches eine Vernetzungsreaktion in der Anwesenheit einer Säure verursacht, ein wasserlösliches Vernetzungsmittel und Mischungen davon aufweist.

In einem anderen Aspekt wird das wasserlösliche Harz aus der Gruppe ausgewählt, welche folgendes aufweist: eine Polyacrylsäure, Polyvinylacetal, Polyvinylpyrrolidon, Polyvinylalkohol, Polyethylenimin, Styrol-Maleinsäureanhydrid-Copolymer, Polyvinylamin, Polyallylamin, wasserlöslicher Harze, welche Verbindungen der Oxazolgruppe enthalten, wasserlösliches Urethan bzw. Urethanharz, wasserlösliches Phenol bzw. Phenolharz, wasserlösliches Epoxy bzw. Epoxyharz, wasserlösliche Melaminharze, wasserlösliche Harnstoffharze, Alkydharze, Sulfonamid, einer Art von Salz davon und eine Mischung von zwei oder mehr Arten davon.

In einem anderen Aspekt ist das wasserlösliche Vernetzungsmittel eine Art von Material oder zwei oder mehr Arten von Materialien aus der folgenden Gruppe: auf Melamin basierende Vernetzungsmittel, wie beispielsweise Melamin-Derivate oder Methylolmelamin-Derivate; auf Harnstoff basierende Vernetzungsmittel wie beispielsweise Harnstoff-Derivate, Methylolharnstoff-Derivate, Ethylenharnstoff-carboxylate oder Methyloläthylharnstoff-Derivate; und auf Aminen basierende Vernetzungsmittel wie beispielsweise Benzoguanamin, Glykoluril und Isocyanate.

In einem anderen Aspekt ist der zweite Resist Polyvinylacetalharz, und die Menge des zweiten Resists, die mit dem ersten Resistmuster reagiert, wird durch Steuern des Ausmaßes der Acetalbildung des Polyvinylacetalharzes gesteuert.

In einem anderen Aspekt ist der zweite Resist eine Mischung eines wasserlöslichen Harzes und eines wasserlösli-

chen Vernetzungsmittels, und die Menge des zweiten Resists, die mit den ersten Resistmuster reagiert, wird durch Steuern der Menge des Verhältnisses des wasserlöslichen Vernetzungsmittels gesteuert.

In einem anderen Aspekt ist ein Lösungsmittel für den zweiten Resist Wasser oder eine gemischte Lösung, welche Wasser, Alkohol und N-Methylpyrrolidon enthält.

In einem anderen Aspekt ist eine Halbleitervorrichtung durch eines der Verfahren zum Herstellen von Halbleitervorrichtungen wie oben definiert hergestellt.

Weitere Merkmale und Zweckmäßigkeiten ergeben sich aus der folgenden Beschreibung von Ausführungsformen der Erfindung anhand der beiliegenden Figuren. Von diesen zeigen:

Fig. 1(a)–1(c) Ansichten von Maskenmustern, welche für die Herstellung von Resistmustern in einem Verfahren gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet werden,

Fig. 2(a)–2(c) Arbeitsablaufpläne zum Erklären von Vorgängen der Herstellung von Resistmustern in dem Verfahren gemäß der ersten Ausführungsform.

Fig. 3(a)–3(f) Arbeitsablaufpläne zum Erklären von Vorgängen der Herstellung von Resistmustern in dem Verfahren gemäß der ersten Ausführungsform,

Fig. 4 chemische Formeln für bestimmte Beispiele von wasserlöslichen Harzzusammensetzungen, welche in der ersten Ausführungsform benutzt werden,

Fig. 5 chemische Formeln von bestimmten Beispielen von wasserlöslichen Vernetzungsmittelzusammensetzungen, welche in der ersten Ausführungsform benutzt werden,

Fig. 6(a)–6(f) Arbeitsablaufpläne zum Erklären von Vorgängen der Herstellung von Resistmustern in dem Verfahren gemäß der ersten Ausführungsform,

Fig. 7(a)–7(f) Arbeitsablaufpläne zum Erklären von Vorgängen der Herstellung von Resistmustern in dem Verfahren gemäß der ersten Ausführungsform,

Fig. 8(a)–8(e) Arbeitsablaufpläne zum Erklären von Vorgängen der Herstellung von Resistmustern in einem anderen Verfahren gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,

Fig. 9(a)–9(g) Arbeitsablaufpläne zum Erklären von Vorgängen der Herstellung von Resistmustern in einem anderen Verfahren gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,

Fig. 10(a)–10(c) Draufsichten der ersten Resistmuster, welche in einem ersten Beispiel gebildet werden,

Fig. 11(a)–11(c) Draufsichten der ersten Resistmuster, welche in einem zweiten Beispiel gebildet werden,

Fig. 12(a)–12(c) Draufsichten der ersten Resistmuster, welche in einem dritten Beispiel gebildet werden,

Fig. 13(a)–13(c) Draufsichten der ersten Resistmuster, welche in einem vierten Beispiel gebildet werden,

Fig. 14(a)–14(c) Draufsichten der zweiten Resistmuster, welche in einem dreizehnten Beispiel gebildet werden,

Fig. 15 eine Tabelle der Ergebnisse der Messung der in dem dreizehnten Beispiel gebildeten Resistmuster,

Fig. 16 eine Draufsicht der zweiten Resistmuster, welche in einem vierzehnten Beispiel gebildet werden,

Fig. 17 eine Tabelle der Ergebnisse der Messung der in dem vierzehnten Beispiel gebildeten Resistmuster,

Fig. 18(a)–18(c) Draufsichten der zweiten Resistmuster, welche in einem fünfzehnten Beispiel gebildet werden,

Fig. 19 eine Tabelle der Ergebnisse der Messung der in dem fünfzehnten Beispiel gebildeten Resistmuster,

Fig. 20 eine Draufsicht der zweiten Resistmuster, welche in einem sechzehnten Beispiel gebildet werden,

Fig. 21 eine Tabelle der Ergebnisse der Messung der in dem sechzehnten Beispiel gebildeten Resistmuster,

Fig. 22 eine Tabelle der Ergebnisse der Messung der in einem siebzehnten Beispiel gebildeten zweiten Resistmuster.

Fig. 23 eine Tabelle der Ergebnisse der Messung der in einem achtzehnten Beispiel gebildeten zweiten Resistmuster.

Fig. 24 eine Tabelle der Ergebnisse der Messung der in einem neunzehnten Beispiel gebildeten zweiten Resistmuster.

Fig. 25 eine Tabelle der Ergebnisse der Messung der in einem zwanzigsten Beispiel gebildeten zweiten Resistmuster.

Fig. 26 eine Tabelle der Ergebnisse der Messung der in einem einundzwanzigsten Beispiel gebildeten zweiten Resistmuster, und

Fig. 27 eine Tabelle der Ergebnisse der Messung der in einem zweiundzwanzigsten Beispiel gebildeten zweiten Resistmuster.

Verschiedene Ausführungsformen und Beispiele der vorliegenden Erfindung werden unter Bezugnahme auf die Figuren beschrieben, in denen dieselben Bezugszeichen dieselben oder entsprechenden Elemente bezeichnen.

#### Erste Ausführungsform

Fig. 1(a) 1(c) sind schematische Darstellungen von Beispielen von Maskenmustern, welche zum Bilden von auf kleinste Weise getrennten Resistmustern benutzt werden. Fig. 1(a) zeigt ein Maskenmuster 100 mit darin gebildeten kleinsten Löchern; Fig. 1(b) zeigt ein Maskenmuster 200 mit Schlitzen, welche in kleinsten Abständen voneinander getrennt angeordnet sind; und Fig. 1(c) zeigt ein Muster 300, welches getrennte Inseln aufweist. Fig. 2(a)-2(c) und Fig. 3(a) 3(f) sind Arbeitsablaufpläne zum Erklären der Vorgänge der Herstellung von auf kleinste Weise getrennten Resistmustern gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Zuerst wird unter Bezugnahme auf die Fig. 1(a) 1(c) und Fig. 2(a)-2(c) eine Erklärung eines Verfahrens zum Herstellen von auf kleinste Weise getrennten Resistmustern gemäß der ersten Ausführungsform, wie auch eines Verfahrens gegeben, durch das eine Halbleitervorrichtung durch Verwenden der auf diese Weise gebildeten Resistmuster gebildet wird.

Wie in Fig. 2(a) gezeigt ist, wird ein erster Resist (Photolack) 1, welcher eine Säure von innen her erzeugt, wenn er einer geeigneten Wärmebehandlung unterzogen wird, auf ein Halbleitersubstrat (z. B. ein Halbleiterwafer) 3 aufgetragen (in einer Dicke, welche z. B. von 0,7-1,0 µm oder dergleichen reicht).

Der erste Resist 1 wird auf das Halbleitersubstrat 3 durch Schleuderbeschichtung aufgetragen, und das Substrat wird einer Behandlung eines Vortempers unterzogen (z. B. einer Wärmebehandlung bei 70-110°C für eine Minute oder dergleichen), wobei auf diese Weise ein in dem ersten Resist 1 enthaltenes Lösungsmittel verdampft wird.

Als nächstes wird das Substrat mit einem Licht belichtet, welches der Aktivierungswellenlänge des ersten Resistes 1 entspricht, z. B. einer g-Linie, einer i-Linie, ferner UV-Strahlen, einem KrF-Excimer-Laserstrahl, einem ArF-Excimer-Laserstrahl, einem Elektronenstrahl, Röntgenstrahlen oder dergleichen, durch Verwenden einer Maske mit einem beliebigen der Muster, wie beispielsweise diejenigen, die in Fig. 1(a)-1(c) gezeigt sind, wodurch das erste Resistmuster 1a gebildet wird.

Der in der ersten Ausführungsform benutzte erste Resist 1 ist nicht auf einen bestimmten Typ von Resist beschränkt. Ein Resist eines beliebigen Typs kann benutzt werden, solange er einen Mechanismus zum Erzeugen einer säurehaltigen Komponente in dem Resist benutzt bzw. ausführt, wenn der Resist einer Wärmebehandlung oder einer Belichtung unterzogen wird. Zum Beispiel kann ein Positivresist (Posi-

tivlack) oder Negativresist (Negativlack) benutzt werden, solange er eine Säure erzeugt, wenn er mit z. B. einem KrF-Excimer-Laserstrahl, einem ArF-Excimer-Laserstrahl, einem Elektronenstrahl, Röntgenstrahlen oder dergleichen belichtet wird.

Zum Beispiel kann der erste Resist 1 ein Positivresist sein, welcher aus einem Novolak-Harz oder einem auf Naphthochinondiazid basierenden lichtempfindlichen Mittel gemacht ist.

Ein chemisch verstärkter Resist - welcher einen Mechanismus zum Erzeugen einer Säure benutzt, wenn der Resist mit Licht belichtet wird - kann auch benutzt werden als der erste Resist 1. Der erste Resist 1 ist nicht auf einen bestimmten Typ von Resist beschränkt, solange der Resist ein Reaktionssystem verwendet zum Erzeugen einer Säure bei einer Belichtung.

Nachdem der erste Resist 1 mit Licht belichtet ist, wird das Substrat einer Nachbelichtungs-Temper(PEB)-Behandlung (bei einer Temperatur von z. B. 50-130°C, wie bzw. wenn erforderlich unterzogen, wodurch auf diese Weise die Auflösung des Photoresists verbessert wird. Nachfolgend wird der erste Resist 1 entwickelt, unter Verwenden einer 0,05-3,0 gew.-%igen alkalischen wässrigen Lösung von TMAH (Tetramethylammoniumhydroxid). Fig. 2(b) zeigt die auf diese Weise gebildeten ersten Resistmuster 1a.

In einigen Fällen wird das Substrat einer Nachentwicklungs-Temper-Behandlung (bei einer Temperatur von 60-120°C für ungefähr 60 Sekunde) nach dem Entwickeln unterzogen, wie bzw. wenn es erforderlich ist. Da die Wärmebehandlung nachher eine Vernetzungsreaktion beeinflusst, ist es wünschenswert, die Temperatur der Wärmebehandlung auf eine günstige Temperatur gemäß des als der erste oder zweite Resist benutzten Materials zu setzen.

Außer beim Verwenden des ersten Resistes 1, welcher eine Säure erzeugt, werden die Resistmuster in derselben Weise wie diejenigen unter einem allgemeinen Vorgang gebildet.

Wie in Fig. 2(c) gezeigt ist, wird das Halbleitersubstrat 3 mit einem zweiten Resist 2 beschichtet, welcher eine vernetzbare Verbindung aufweist, die in der Anwesenheit einer Säure zu einer Vernetzung fähig ist und in Wasser, welches zum Auflösen des in einer beliebigen der Fig. 1(a)-1(c) gezeigten Resistis 1 nicht fähig ist, oder in einem gemischten Lösungsmittel gelöst ist, welches Wasser und ein wasserlösliches Lösungsmittel aufweist.

Ein Verfahren zum Auftragen des zweiten Resistes 2 beschränkt sich nicht auf ein bestimmtes Verfahren, solange das Verfahren ein einheitliches Beschichten der ersten Resistmuster 1a ermöglicht. Die ersten Resistmuster 1a können mit dem zweiten Resist 2 beschichtet werden durch Bespritzen (bzw. Besprühen) oder durch Untertauchen (oder Eintauchen) des Substrats in eine Lösung des zweiten Resistis.

Nach dem Auftragen des zweiten Resistes 2 wird das Substrat vorgetempert (z. B. bei 85°C für ungefähr 60 Sekunden), wie bzw. wenn es nötig ist, um auf diese Weise eine Schicht des zweiten Resistis 2 zu bilden.

Wie in Fig. 2(d) gezeigt ist, werden die ersten Resistmuster 1a, welche auf dem Halbleitersubstrat 3 gebildet sind, und der zweite Resist 2, welcher oberhalb der ersten Resistmuster 1a gebildet ist, einer Wärmebehandlung unterzogen (z. B. einer Misch-und-Temper-Behandlung, welche im folgenden mit "MB" wenn nötig abgekürzt wird und welche bei einer Temperatur von z. B. 85-150°C ausgeführt wird). Als eine Folge wird die Diffusion einer Säure aus dem Inneren der ersten Resistmuster 1a zu dem zweiten Resist 2 beschleunigt, wobei auf diese Weise eine Vernetzungsreaktion entlang einer Grenzfläche (bzw. Grenzoberfläche) zwischen dem zweiten Resist 2 und den ersten Resistmustern 1a her-

beigeführt wird. In diesem Fall wird die MB-Behandlung bei einer Temperatur von z. B. 85–150°C für 60–120 Sekunden ausgeführt. Optimale Bedingungen können gesetzt werden mit Bezug auf den Typ (bzw. die Art) des Materials, welches als ein Resist benutzt wird, oder auf die erforderliche Dicke einer Reaktionsschicht.

Zuerst werden, wie in Fig. 2(c) gezeigt ist, die ersten Resistmuster 1a mit einer gemischten Lösung gespült, welche Wasser, das zum Auflösen der ersten Resistmuster 1a nicht fähig ist, und ein wasserlösliches organisches Lösungsmittel (z. B. Propanol) aufweist. Die ersten Resistmuster 1a werden dann mit Wasser gespült und getrocknet, wodurch auf diese Weise nicht vernetzte Abschnitte des zweiten Resists 2 entfernt werden. Durch die vorangegangenen Vorgänge ist es möglich, ein Resistmuster mit Löchern eines kleineren Innendurchmessers, Resistmuster, welche in kleineren Abständen voneinander getrennt angeordnet sind, oder ein Resistmuster, welches getrennte Inseln mit einer vergrößerten Fläche aufweist, zu erzeugen.

Die Konzentration von Propanol in Wasser kann innerhalb eines Bereiches von ungefähr 1–30 Gew.-% gesetzt werden; das heißt, in einem Bereich, in dem Propanol den ersten Resist nicht auflöst, aber nicht vernetzte Abschnitte des zweiten Resists auf ausreichende Weise auflöst. Die Konzentration eines anderen wasserlöslichen organischen Lösungsmittels, welches mit Wasser gemischt wird, wird auf ähnliche Weise bestimmt.

Unter Bezugnahme auf die Fig. 2(a)–2(c) wurde in der Erklärung das Verfahren des Bildens kleinster Resistmuster beschrieben, in dem, nachdem die Schicht des zweiten Resists 2 oberhalb der ersten Resistmuster 1a gebildet ist, eine Säure zu dem zweiten Resist 2 aus dem Inneren des ersten Resistmusters 1a durch eine geeignete Wärmebehandlung diffundiert wird.

Nun wird eine Erklärung eines Verfahrens gegeben, in dem eine Säure durch eine Belichtung erzeugt wird, welche anstelle oder vor einer Wärmebehandlung erfolgt.

Fig. 3(a)–3(f) sind Arbeitsablaufpläne zum Erklären des Verfahrens des Herstellens von auf kleinste Weise getrennten Resistmuster. Fig. 3(a)–3(c) zeigen dieselben Vorgänge, wie diejenigen in Fig. 2(a)–2(c), und daher werden hier ihre Erklärungen unterlassen. In einem derartigen Fall kann ein chemisch verstärkter Resist, welcher einen Mechanismus zum Erzeugen einer Säure, wenn der Resist mit Licht belichtet wird, benutzt, auch als der erste Resist 1 benutzt werden. Wenn der chemisch verstärkte Resist mit Licht, einem Elektronenstrahl oder Röntgenstrahlen belichtet wird, wird ein Säurekatalysator erzeugt, welcher wiederum eine Verstärkungsreaktion verursacht.

Nachdem die Schicht des in Fig. 3(c) gezeigten zweiten Resists 2 gebildet ist, wird die gesamte Oberfläche des Halbleitersubstrats wieder mit einer g-Linie oder einer i-Linie einer Hg-Lampe in einer in Fig. 3(c) gezeigten Weise belichtet, wodurch auf diese Weise eine Säure in den ersten Resistmustern 1a erzeugt wird. Als eine Folge wird, wie in Fig. 3(e) gezeigt ist, eine vernetzte Schicht 4 entlang der Grenzfläche zwischen dem ersten Resistmuster 1a und dem daran angrenzenden zweiten Resistmuster 2 gebildet.

Unter Bezugnahme auf die Aktivierungswellenlänge des ersten Resists können eine Hg-Lampe, ein KrF-Excimer-Laserstrahl oder ein ArF-Excimer-Laserstrahl als die Lichtquelle zu diesem Zeitpunkt benutzt werden. Die Lichtquelle ist nicht auf eine bestimmte Art von Licht begrenzt, solange eine Säure in den ersten Resistmustern 1a erzeugt wird, wenn das Substrat mit Licht belichtet wird. Das Halbleitersubstrat kann mit Licht belichtet werden durch Verwenden einer Lichtquelle und eines Belichtungswertes, von denen beide der Aktivierungswellenlänge des ersten Resists ent-

sprechen.

In dem in Fig. 3(a)–3(f) gezeigten Beispiel wird das Halbleitersubstrat 3 mit Licht belichtet, nachdem es mit dem zweiten Resist 2 beschichtet ist, wodurch auf diese Weise eine Säure in den ersten Resistmustern 1a erzeugt wird. Da die ersten Resistmuster 1a mit Licht belichtet werden, während sie mit dem zweiten Resist 2 beschichtet sind, kann die Menge der in den ersten Resistmustern 1a erzeugten Säure auf genaue Weise über einen weiten Bereich gesteuert werden durch Steuern des Belichtungswertes, wodurch ein genaues Steuern der Dicke der vernetzten Schicht 4 ermöglicht wird.

Das Halbleitersubstrat 3 wird einer Wärmebehandlung unterzogen (z. B. einer Misch-und-Temper(MB)-Behandlung bei einer Temperatur von 60–130°C), wie bzw. wenn es erforderlich ist, wodurch die Diffusion einer Säure in den zweiten Resist 2 aus (bzw. von) den ersten Resistmustern 1a beschleunigt wird. Als eine Folge wird eine Vernetzungsreaktion, welche sich in der Grenzfläche zwischen dem zweiten Resist 2 und den ersten Resistmustern 1a ergibt, beschleunigt. Die MB-Behandlung wird z. B. bei einer Temperatur von 60–130°C für 60–120 Sekunden ausgeführt. Optimale Bedingungen können mit Bezug auf die Art des für den Resist benutzten Materials und die erforderliche Dicke für die vernetzte Schicht 4 gesetzt werden.

Als eine Folge der Misch-und-Temper-Behandlung wird die vernetzte Schicht 4 – in welcher eine Vernetzungsreaktion aufgetreten ist – in dem zweiten Resist 2 derart gebildet, daß sie die ersten Resistmuster 1a bedeckt.

Der in Fig. 3(f) gezeigte Vorgang ist derselbe wie der in Fig. 2(e) gezeigte. Durch die vorangegangenen Vorgänge ist es möglich, ein Resistmuster mit Löchern eines kleineren Innendurchmessers, Resistmuster, welche in kleineren Abständen getrennt voneinander angeordnet sind, oder ein Resistmuster zu erzeugen, welches getrennte Inseln mit einer vergrößerten Fläche aufweist.

Wie es von dem unter Bezugnahme auf die Fig. 3(a)–3(f) beschriebenen Verfahren offensichtlich ist, ist der Vorgang des Erzeugens einer Säurekomponente in den ersten Resistmustern 1a durch Belichten des Halbleitersubstrats mit Licht insbesondere günstig für einen Fall, in dem der erste Resist 1 und der zweite Resist 2, welche durch das Verfahren benutzt werden, einen niedrigen Grad von Reaktivität besitzen, in dem die erforderliche Dicke der vernetzten Schicht 4 vergleichsweise groß ist oder in dem die Vernetzungsreaktion einheitlich gemacht wird.

Das für den zweiten Resist 2 benutzte Material wird nun beschrieben.

Der zweite Resist 2 kann folgendes aufweisen: ein einzelnes, vernetzbares, wasserlösliches Harz oder eine Mischung von zwei oder mehr Arten von vernetzbaren wasserlöslichen Harzen; ein einzelnes, wasserlösliches Vernetzungsmittel oder eine Mischung von zwei oder mehr Arten von wasserlöslichen Vernetzungsmitteln; oder eine Mischung aus einer wasserlöslichen Harzzusammensetzung und einem Vernetzungsmittel.

In einem Fall, in dem eine Mischung als ein Material des zweiten Resists 2 benutzt wird, ist die Zusammensetzung des Materials nicht auf eine bestimmte Zusammensetzung beschränkt. Eine optimale Zusammensetzung kann mit Bezug auf die Art des zu benutzenden ersten Resists 1 und der vorher gesetzten Reaktionsbedingungen bestimmt werden.

Beispiele von insbesondere wünschenswerten wasserlöslichen Harzzusammensetzungen umfassen Zusammensetzungen wie diejenigen, die in Fig. 4 gezeigt sind; das heißt Polyvinylacetalharze, Polyvinylalkoholharze, Polyacrylsäureharze, Harze, welche Verbindungen der Oxazolgruppe enthalten, wasserlösliche Urethanharze, Polyallylaminharze,

Polylethyleniminharze, Polyvinylaminharze, wasserlösliche Phenolharze, wasserlösliche Epoxyharze, Styrol-Maleinsäure-Copolymere und dergleichen. Eine andere Art von Zusammensetzung kann auch als die wasserlösliche Harzzusammensetzung benutzt werden, solange die Zusammensetzung eine Vernetzungsreaktion in Anwesenheit einer säurehaltigen Komponente verursacht. Sogar in dem Fall einer Zusammensetzung, welche keine Vernetzungsreaktion verursacht oder eine Vernetzungsreaktion nur in einem kleinen Ausmaß verursacht, ist die Zusammensetzung nicht auf eine bestimmte Art von Zusammensetzung beschränkt, solange die Zusammensetzung mit einem wasserlöslichen Vernetzungsmittel gemischt werden kann. Ferner kann eine derartige Zusammensetzung allein oder in der Form einer Mischung benutzt werden.

Die oben beschriebene wasserlösliche Zusammensetzung kann allein oder in der Form einer Mischung benutzt werden, welche zwei oder mehr Arten von Zusammensetzungen aufweist. Gemäß der Menge des wasserlöslichen Harzes, welches mit den unterhalb des zweiten Resistes liegenden ersten Resistmustern reagiert, oder gemäß der Bedingungen, unter denen das wasserlösliche Harz mit den ersten Resistmustern reagiert, kann das wasserlösliche Harz gesteuert werden, wie es erforderlich ist. Ferner kann im Hinblick auf eine Verbesserung der Löslichkeit des wasserlöslichen Harzes in Bezug auf Wasser das wasserlösliche Harz in der Form eines Salzes wie beispielsweise Hydrochlorid benutzt werden.

Weiter weisen bestimmte Beispiele von wasserlöslichen Vernetzungsmitteln, welche wünschenswerterweise mit dem zweiten Resist 2 benutzt werden können, Mittel wie die in Fig. 5 gezeigten auf; das heißt, auf Melamin basierende Vernetzungsmittel wie beispielsweise Melamin-Derivate oder Methylolmelamin-Derivate (bzw. Hydroxymethylmelamin-Derivate); auf Harnstoff basierende Vernetzungsmittel wie beispielsweise Harnstoff-Derivate, Methylolharnstoff-Derivate (bzw. Hydroxymethylharnstoff-Derivate), Ethylenharnstoff, Ethylenharnstoffcarboxylate oder Methylolharnstoff-Derivate (bzw. Hydroxymethylethylenharnstoff-Derivate); oder auf Aminen basierende Vernetzungsmittel wie beispielsweise Isocyanate, Benzoguanamine, Glykoluril oder dergleichen. Das wasserlösliche Vernetzungsmittel ist nicht auf eine bestimmte Art von Vernetzungsmittel beschränkt, solange das Mittel eine Vernetzung durch Verwenden einer Säure verursacht.

Das einzelne wasserlösliche Harz oder die Mischung der wasserlöslichen Harze, welche oben erwähnt wurden, kann als ein bestimmtes wasserlösliches Material des zweiten Resistes 2 benutzt werden, während sie mit dem einzelnen wasserlöslichen Vernetzungsmittel oder der Mischung von wasserlöslichen Vernetzungsmitteln, welche oben erwähnt wurden, gemischt werden.

Insbesondere kann ein Polyvinylacetalharz, welches als die wasserlösliche Harzzusammensetzung benutzt wird, und Methoxymethylolmelamin (bzw. Methoxyhydroxymethylmelamin) oder Ethylenharnstoff, welcher als das wasserlösliche Vernetzungsmittel benutzt werden, auf gemischte Weise als ein wasserlösliches Material des zweiten Resistes benutzt werden. In einem derartigen Fall hat, da die Zusammensetzung und das Mittel eine hohe gegenseitige Löslichkeit aufweisen, eine gemischte Lösung, welche die Zusammensetzung und das Mittel aufweist, eine überlegene Speicherstabilität.

Das Material, welches als der zweite Resist benutzt wird, ist nicht auf eine bestimmte Art von Materialen beschränkt, solange das Material wasserlöslich oder löslich in einem wasserlöslichen Lösungsmittel ist, welches die ersten Resistmuster nicht auflösen kann, und eine Vernetzungsreak-

tion in der Anwesenheit einer säurehaltigen Komponente verursacht.

Wie oben erwähnt wurde, kann eine Vernetzungsreaktion nur durch eine Wärmebehandlung herbeigeführt werden, ohne die Notwendigkeit zum Erzeugen einer Säure durch erneutes Belichten der ersten Resistmuster 1a mit Licht. In einem derartigen Fall ist es wünschenswert, ein geeignetes Material mit einer hohen Reaktivität als den zweiten Resist 2 auszuwählen, wie auch das auf diese Weise ausgewählte Material einer geeigneten Wärmebehandlung auszusetzen (z. B. bei einer Temperatur von 85-150°C).

Insbesondere kann der zweite Resist aus einer wasserlöslichen Zusammensetzung gebildet werden, welche Polyvinylacetalharz und Ethylenharnstoff aufweist, aus einer wasserlöslichen Zusammensetzung, welche Polyvinylalkohol und Ethylenharnstoff aufweist, aus einer wasserlöslichen Zusammensetzung, welche eine Mischung dieser Substanzen in geeigneten Verhältnissen aufweist, oder dergleichen gebildet werden.

Die Steuerung der Dicke der vernetzten Schicht 4, welche oberhalb von jedem der ersten Resistmuster 1a gebildet werden, ist kritisch in Bezug auf das Steuern einer Vernetzungsreaktion zwischen den ersten Resistmustern 1a und dem zweiten Resist 2. Es ist wünschenswert, die Steuerung der Vernetzungsreaktion gemäß der Reaktivität zwischen den ersten und zweiten Resisten, der Topographie der ersten Resistmuster 1a, der erforderliche Dicke der vernetzten Schicht 4 oder dergleichen zu optimieren.

Die Vernetzungsreaktion zwischen den ersten und zweiten Resisten kann auf zwei Weisen gesteuert werden; das heißt durch eine Steuerung der Bearbeitungsbedingungen und durch eine Steuerung der Zusammensetzung des Materials, das als der zweite Resist benutzt wird.

Verfahren, welche beim Steuern des Vorgangs einer Vernetzungsreaktion effektiv sind, weisen folgendes auf:

- (1) ein Verfahren zum Kontrollieren der Menge des Lichtes, mit dem die ersten Resistmuster bestrahlt werden, und
- (2) ein Verfahren zum Steuern der Temperatur, bei der eine Misch-und-Temper(MB)-Behandlung ausgeführt wird und der für die Behandlung erforderlichen Zeit.

Insbesondere kann die Dicke einer vernetzten Schicht durch die Steuerung der Zeit gesteuert werden, welche zum Heizen des zweiten Resistes, um dadurch eine Vernetzungsreaktion zu verursachen, erforderlich ist. Dieses Verfahren ermöglicht einen hohen Grad der Steuerung der Vernetzungsreaktion.

Verfahren welche beim Steuern der Zusammensetzung eines als zweiter Resist benutzten Materials effektiv sind, weisen folgendes auf:

- (3) ein Verfahren zum Kontrollieren der Menge des zweiten Resistes, welcher mit dem ersten Resist reagiert durch Mischen zweier oder mehrerer Arten von geeigneten wasserlöslichen Harzen miteinander und durch Regeln eines Mischverhältnisses der wasserlöslichen Harze und
- (4) ein Verfahren zum Steuern der Menge des zweiten Resistes, welcher mit dem ersten Resist reagiert, durch Mischen eines wasserlöslichen Harzes mit einem geeigneten Vernetzungsmittel und durch Regeln eines Mischverhältnisses des wasserlöslichen Harzes zu dem wasserlöslichen Vernetzungsmittel.

Die Bestimmung der Steuerung der Vernetzungsreaktion ist keine einfache Angelegenheit und muß bestimmt werden



unter Berücksichtigung von:

- (1) der Reaktivität zwischen dem Material, welches für den zweiten Resist benutzt wird und dem Material, welches für den ersten Resist benutzt wird;
- (2) der Topographie und der Dicke der ersten Resistmuster;
- (3) der erforderlichen Dicke des Vernetzungsmittels;
- (4) der zur Verfügung stehenden Belichtungsbedingungen oder Heiz- (oder MB-) Bedingungen; und
- (5) verschiedener Bedingungen wie beispielsweise Beschichtungsbedingungen.

Insbesondere ist es bekannt, daß die Reaktivität zwischen den ersten und zweiten Resisten durch die Zusammensetzung des als der erste Resist benutzten Materials beeinflußt wird. Aus diesem Grund ist es in einem Fall, in dem die vorliegende Ausführungsform tatsächlich auf die Herstellung einer Halbleitervorrichtung angewendet wird, wünschenswert, die Zusammensetzung des als der zweite Resist benutzten Materials zu optimieren unter Berücksichtigung der oben genannten Faktoren. Demgemäß sind die Art oder das Zusammensetzungsverhältnis des als der zweite Resist benutzten wasserlöslichen Materials nicht auf einen bestimmten Art oder ein bestimmtes Verhältnis begrenzt, sondern werden gemäß des Art des Materials, welches benutzt wird, unter Bedingungen für die Wärmebehandlung optimiert.

Ein Weichmacher bzw. ein Bindemittel wie beispielsweise Ethylenglykol, Glycerin, Triethylenglykol oder dergleichen kann hinzugefügt werden als ein Additiv (d. h. Zusatzstoff) zu dem als der zweite Resist benutzten Material. Im Hinblick auf das Verbessern des Wachstums des zweiten Resistes kann ein wasserlöslicher grenzflächenaktiver Stoff bzw. ein wasserlösliches Tensid, z. B. Florade (hergestellt durch Sumitomo 3M Ltd.) oder Nonipole (hergestellt durch Sanyo Chemical Industries Ltd.) hinzugefügt werden als ein Additiv zu dem als der zweite Resist benutzten Material.

Ein Lösungsmittel, welches für den zweiten Resist benutzt wird, wird nun beschrieben. Eine wäßrige Lösung, welche Wasser oder ein wasserlösliches organisches Lösungsmittel aufweist, wird als ein Lösungsmittel für den zweiten Resist benutzt. Die wäßrige Lösung ist nicht zum Auflösen der ersten Resistmuster erforderlich, sondern zum ausreichenden Auflösen eines wäßrigen Materials. Das Lösungsmittel ist nicht auf eine bestimmte Art von Lösungsmittel beschränkt, solange es die oben erwähnten Erfordernisse erfüllt.

Zum Beispiel kann ein Lösungsmittel, welches für den zweiten Resist benutzt wird, folgendes sein: Wasser (reines Wasser), eine Mischung von Wasser und einem auf Alkohol basierenden Lösungsmitteln wie beispielsweise IPA (Isopropanol), ein einzelnes wasserlösliches organisches Lösungsmittel wie beispielsweise N-Methylpyrrolidon, oder eine gemischte Lösung, welche Wasser und das wasserlösliche organische Lösungsmittel aufweist. Ein Lösungsmittel, welches mit Wasser gemischt werden soll, ist nicht auf eine bestimmte Art von Lösungsmittel beschränkt, solange es wasserlöslich ist. Zum Beispiel kann ein Alkohol wie beispielsweise Ethanol, Methanol oder Isopropylalkohol,  $\gamma$ -Butyrolacton, Aceton oder dergleichen als das Lösungsmittel benutzt werden. Das Lösungsmittel wird mit dem zweiten Resist in einem derartigen Ausmaß gemischt, daß es die ersten Resistmuster nicht auflöst, bei Berücksichtigung der Löslichkeit des Materials, das als der zweite Resist benutzt wird.

Obwohl die oben gegebene Erklärung das Verfahren zum Bilden kleinster Resistmuster oberhalb der gesamten Ober-

fläche des Halbleitersubstrats 3 beschreibt, wird nun eine Erklärung eines Verfahrens zum selektiven Bilden kleinster Resistmuster nur in einem erwünschten Bereich des Halbleitersubstrats 3 gegeben. Fig. 6(a)–6(f) sind Arbeitsablaufpläne, welche die Herstellung der Halbleitervorrichtung unter Verwenden des oben genannten Verfahrens zeigt.

Fig. 6(a)–6(c) zeigen dieselben Vorgänge wie diejenigen in den Fig. 3(a)–3(c). Nachdem die zweite Resistsschicht 2 wie in Fig. 6(c) gezeigt gebildet ist, wird ein Teil des Halbleitersubstrats 3 mit einer Lichtabschirmplatte 5 abgeschirmt, und der auf diese Weise ausgewählte Bereich des Halbleitersubstrats wird wieder mit einer g-Linie oder einer i-Linie der Hg-Lampe belichtet, wodurch auf diese Weise eine Säure in den ersten Resistmustern 1a erzeugt wird. Wie in Fig. 6(c) gezeigt ist, erzeugt die auf diese Art erzeugte Säure die vernetzte Schicht 4 in dem belichteten Bereich des Halbleitersubstrats entlang der Grenzfläche zwischen den Resistmustern 1a und dem zweiten Resist 2, welcher zu den ersten Resistmustern benachbart ist.

Ein in Fig. 6(f) gezeigter Vorgang, welcher auf den in Fig. 6(c) gezeigten Schritt folgt, ist derselbe wie derjenige, welcher in Fig. 3(f) gezeigt ist, und daher wird seine Erklärung unterlassen.

Auf diese Weise, kann wie in Fig. 6(f) gezeigt ist, die vernetzte Schicht 4 oberhalb der ersten Resistmuster 1a in dem ausgewählten Bereich des Halbleitersubstrats 3 gebildet werden, während verhindert wird, daß eine vernetzte Schicht oberhalb der ersten Resistmuster 1a gebildet wird, welche sich in dem anderen Bereich des Halbleitersubstrats befinden.

In dem oben genannten Verfahren wird eine Unterscheidung zwischen einem belichteten Bereich und einem nicht belichteten Bereich durch selektives Belichten des Halbleitersubstrats 3 mit Licht unter Verwenden einer geeigneten Maske gemacht, und eine vernetzte Fläche und eine nicht vernetzte Fläche kann entlang der Grenzfläche zwischen dem zweiten Resistmuster 2a und den ersten Resistmustern 1a gebildet werden.

Als eine Folge können kleinste Löcher oder Zwischenräume verschiedener Größen auf demselben Halbleitersubstrat gebildet werden.

Fig. 7(a)–7(f) sind Arbeitsablaufpläne, welche Vorgänge eines Verfahrens zeigen, durch das kleinste Resistmuster selektiv in einem erwünschten Bereich des Halbleitersubstrats 3 gebildet werden.

Vorgänge, welche in den Fig. 7(a) und 7(b) gezeigt sind, sind dieselben wie diejenigen der Fig. 2(a) und 2(b). Nachdem die ersten Resistmuster 1a wie in Fig. 7(b) gezeigt gebildet sind, wird ein ausgewählter Bereich des Halbleitersubstrats 3 mit einer Elektronenstrahlabschirmplatte 6 in einer Weise, wie in Fig. 7(c) gezeigt, abgeschirmt, wodurch der andere Bereich des Substrats mit einem Elektronenstrahl belichtet wird (d. h. einem Elektronenstrahl ausgesetzt wird).

Der zweite Resist 2 wird in einem in Fig. 7(d) gezeigten Vorgang gebildet und das Substrat wird einer in einem in Fig. 7(e) gezeigten Vorgang einer Wärmebehandlung unterzogen. Als eine Folge wird eine vernetzte Schicht nicht in dem Bereich des Substrats gebildet, der einem Elektronenstrahl ausgesetzt ist, wohingegen eine vernetzte Schicht in dem Bereich gebildet wird, der von dem Elektronenstrahl abgeschirmt ist.

Ein in Fig. 7(f) gezeigter Vorgang, der dem in Fig. 7(e) gezeigten Vorgang folgt, ist derselbe wie derjenige, der in Fig. 3(f) gezeigt ist, und daher wird seine Erklärung unterlassen.

Auf diese Weise kann, wie in Fig. 7(f) gezeigt ist, die vernetzte Schicht 4 oberhalb der ersten Resistmuster 1a in dem

ausgewählten Bereich des Halbleitersubstrats 3 gebildet werden, während verhindert wird, daß eine vernetzte Schicht oberhalb der ersten Resistmuster 1a in den anderen Bereich des Substrats gebildet wird. Als eine Folge können kleinste Löcher oder Zwischenräume verschiedener Größen auf demselben Halbleitersubstrat gebildet werden.

Obwohl in einer detaillierten Erklärung das Verfahren des Bildens von auf kleinste Weise getrennten Resistmuster auf dem Halbleitersubstrat 3 erklärt wurde, sind die auf kleinste Weise getrennten Resistmuster gemäß dieser Ausführungsform nicht auf die Ausbildung auf dem Halbleitersubstrat 3 begrenzt. Abhängig von dem Vorgang der Herstellung einer Halbleitervorrichtung können auf kleinste Weise getrennte Resistmuster oberhalb einer dielektrischen Schicht wie beispielsweise einer Siliziumoxidschicht oder oberhalb einer leitenden Schicht wie beispielsweise einer Polysiliziumschicht gebildet werden.

Wie oben erwähnt wurde, ist das Bilden von auf kleinste Weise getrennten Resistmustern gemäß der Ausführungsform nicht insbesondere durch eine Schicht, welche unterhalb des Resistmusters liegt, begrenzt. Die vorliegende Erfindung kann auf beliebige Arten von Substraten angewendet werden, solange das Substrat das Bilden von Resistmustern erlaubt, und auf kleinste Weise getrennte Resistmuster können auf einem erforderlichen Substrat gebildet werden. Auf all diese Substrate wird im folgenden gattungsmäßig als "Halbleitersubstrate" Bezug genommen.

Ferner werden, während auf kleinste Weise getrennte Resistmuster, welche in der oben erwähnten Weise gebildet sind, als Masken benutzt werden, verschiedene dünne Schichten, welche unterhalb der Masken gebildet sind, geätzt, um feine Zwischenräume oder Löcher in den dünnen Schichten zu bilden, wodurch auf diese Weise eine Halbleitervorrichtung gebildet wird.

Ferner werden auf kleinste Weise getrennte Resistmuster (d. h. die zweiten Resistmuster 2a) durch Bilden der vernetzten Schicht 4 oberhalb der ersten Resistmuster 1a gebildet durch geeignetes Setzen (bzw. Auswählen) eines Materials und der Zeit, die erforderlich ist zum Heizen des zweiten Resists, um eine Vernetzungsreaktion zu verursachen (d. h. eine MB-Zeit). Die vorliegende Ausführungsform hat den Effekt des Aufrauhens der Seitenwände der Muster, welche auf dem Substrat gebildet werden, nachdem das Halbleitersubstrat durch die auf kleinste Weise getrennten Resistmuster als Masken geätzt wurde.

#### Zweite Ausführungsform

Fig. 8(a)–8(e) sind Arbeitsablaufpläne zum Erklären eines Verfahrens zum Bilden von auf kleinste Weise getrennten Resistmustern gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Das Verfahren zum Bilden von auf kleinste Weise getrennten Mustern gemäß einer zweiten Ausführungsform und ein Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung unter Verwenden dieses Musterbildungsverfahrens wird unter Bezugnahme auf die Fig. 1(a)–1(c) bis 8(a)–8(e) beschrieben.

Wie in Fig. 8(a) gezeigt ist, wird das Halbleitersubstrat 3 mit einem ersten Resist 11 beschichtet, welcher eine kleine Menge einer säurehaltigen Substanz darin aufweist. Nachdem das erste Resistmuster 11 einer Vorwärmbehandlung ausgesetzt wurde (einer Wärmebehandlung bei einer Temperatur von 70–100°C für eine Minute), werden Muster, wie diejenigen, die in Fig. 1(a)–1(c) gezeigt sind, auf das erste Resistmuster 11 projiziert durch Belichten des Halbleitersubstrats mit einer g-Linie oder einer i-Linie von der Hg-Lampe durch eine Maske (in Fig. 8(b) nicht gezeigt).

Das für die erste Ausführungsform beschriebene Material wird auf effektive Weise als der erste Resist 11 in der zweiten Ausführungsform benutzt. Die detaillierte und wiederholte Beschreibung des Materials wird hier zum Zwecke der Kürze unterlassen. Insbesondere ist es wünschenswert, daß der erste Resist 11 eine Carbonsäure eines niedrigen Molekulargewichts aufweist.

Das Substrat wird einem Nachbelichtungs-Tempem (bei einer Temperatur von 10–130°C) unterzogen, wie bzw. wenn es erforderlich ist, um auf diese Weise die Auflösung des Photoresists zu verbessern. Der Resist wird dann entwickelt unter Verwenden einer auf 2,0 Gew.-% verdünnten wäßrigen Lösung von TMAH (Tetramethylammoniumhydroxid). Fig. 8(b) zeigt auf diese Weise gebildete erste Resistmuster 11a.

Es kann einen Fall geben, in dem das Substrat einer Nachentwicklungs-Temper-Behandlung unterzogen wird, wie bzw. wenn es erforderlich ist. Da diese Wärmebehandlung eine nachfolgende Mischreaktion beeinflusst, muß die Temperatur der Wärmebehandlung auf eine geeignete Temperatur gesetzt werden. Außer der Verwendung des säurehaltigen ersten Resists 11 können die Resistmuster in derselben Weise gebildet werden, wie diejenigen, die durch vorhandene Vorgänge gebildet werden.

Nachdem die Resistmuster in einer in Fig. 8(b) gezeigten Weise gebildet wurden, wird das Halbleitersubstrat (oder der Wafer) 3 mit einem zweiten Resist 12 beschichtet, welcher eine vernetzbare Verbindung aufweist, die eine Vernetzungsreaktion in der Anwesenheit einer Säure verursachen kann und den ersten Resist 11 in einer in Fig. 8(c) gezeigten Weise nicht auflösen kann.

Ein Material und ein Lösungsmittel, welche dieselben sind, wie diejenigen, die für die erste Ausführungsform beschrieben wurden, sind verfügbar und werden für den zweiten Resist 12 in der zweiten Ausführungsform benutzt. Detaillierte und wiederholte Beschreibungen von diesen werden hier zum Zwecke der Kürze unterlassen.

Nachdem es mit dem zweiten Resist 12 beschichtet wurde, wird das Substrat einer Temper-Behandlung unterzogen, wie bzw. wenn es erforderlich ist. Da diese Wärmebehandlung eine nachfolgende Mischreaktion beeinflusst, ist es wünschenswert, die Temperatur der Wärmebehandlung auf eine geeignete Temperatur zu setzen.

Wie in Fig. 8(d) gezeigt ist wird das Halbleitersubstrat 3 einer Wärmebehandlung (bei einer Temperatur von 60–130°C) ausgesetzt, um dadurch zu verursachen, daß die säurehaltige Substanz, die in kleinen Mengen in den ersten Resistmustern 11a enthalten ist, eine Säure diffundiert bzw. freisetzt. Dies verursacht wiederum eine Vernetzungsreaktion entlang der Grenzfläche zwischen dem zweiten Resist 12 und den ersten Resistmustern 11a. Als eine Folge der Vernetzungsreaktion wird eine vernetzte Schicht 14 in dem zweiten Resist 12 derart gebildet, daß sie die ersten Resistmuster 11a bedeckt.

Wie in Fig. 8(e) gezeigt ist, wird das Substrat mit einer gemischten Lösung gereinigt, welche Wasser, das die ersten Resistmuster 11a nicht auflösen kann, und ein wasserlösliches organisches Lösungsmittel (z. B. Propanol) aufweist. Nachfolgend wird das Substrat mit Wasser gespült, wodurch nicht vernetzte Abschnitte des zweiten Resists 12 entfernt werden. Durch die vorangegangenen Vorgänge, ist es möglich, ein Resistmuster mit Löchern kleiner Innendurchmesser, Resistmuster, die in kleineren Abständen voneinander getrennt angeordnet sind, oder ein Resistmuster, welches getrennte Inseln mit einer vergrößerten Fläche aufweist, zu erzeugen.

Wie oben erwähnt wurde, wird der erste Resist 11 gemäß der zweiten Ausführungsform in einer derartigen Weise ge-

steuert, daß der erste Resist 11 selbst eine Säure aufweist, und die Säure wird durch ein Wärmebehandlungsvorgang diffundiert (bzw. freigesetzt), um dadurch eine Vernetzungsreaktion zu verursachen. Deshalb gibt es keine Notwendigkeit, eine Säure zu erzeugen durch Belichten eines Substrats mit Licht. Carbonsäuren mit niedrigem Molekulargewicht sind wünschenswert für die Benutzung als eine Säure, die in dem ersten Resist 11 enthalten sein soll. Jedoch ist die Säure nicht auf eine bestimmte Art von Säure beschränkt, solange sie mit dem ersten Resist 11 gemischt werden kann.

Wie in dem Fall der ersten Ausführungsform werden zweite Resistmuster 12a auf verschiedenen Arten von Halbleitersubstraten gebildet und kleinste getrennte Zwischenräume oder kleinste Löcher können in dem Halbleitersubstrat gebildet werden unter Verwenden der auf diese Weise gebildeten Resistmuster als Maske.

### Dritte Ausführungsform

Fig. 9(a)–9(g) sind Arbeitsablaufpläne zum Erklären eines Verfahrens zum Bilden von auf kleinste Weise getrennten Resistmustern gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Das Verfahren zum Bilden von auf kleinste Weise getrennten Mustern gemäß einer dritten Ausführungsform und ein Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung unter Verwenden dieses Musterbildungsverfahrens wird unter Bezugnahme auf Fig. 1(a)–1(c) bis Fig. 9(a)–9(g) beschrieben.

Wie in Fig. 9(a) gezeigt ist, wird das Halbleitersubstrat 3 mit einem ersten Resist 21 beschichtet. Nachdem das Resistmuster 21 einer Vortemper-Behandlung unterzogen wurde (einer Wärmebehandlung bei einer Temperatur von 70–100°C für ungefähr eine Minute), werden Muster, wie die in Fig. 1(a) 1(c) gezeigten auf das erste Resistmuster 21 durch Belichten des Halbleitersubstrats 3 mit z. B. einer g-Linie oder einer i-Linie von der Hg-Lampe gemäß der Aktivierungswellenlänge des ersten Resists 21 durch eine Maske (in Fig. 9(b) nicht gezeigt) projiziert. Das Substrat wird einem Nachbelichtungs-Tempem unterzogen (bei einer Temperatur von 10–130°C), wie bzw. wenn es erforderlich ist, wodurch auf diese Weise die Auflösung des Photoresists verbessert wird. Der Resist wird dann entwickelt unter Verwenden einer auf ungefähr 2,0 Gew.-% verdünnten wäßrigen Lösung von TMAH (Tetramethylammoniumhydroxid). Fig. 9(b) zeigt auf diese Weise gebildete erste Resistmuster 21a.

Es kann einen Fall geben, in dem das Substrat einer Nachentwicklungs-Temper-Behandlung unterzogen wird, wie bzw. wenn es erforderlich ist. Da diese Wärmebehandlung eine nachfolgende Mischreaktion beeinflußt, muß die Temperatur der Wärmebehandlung auf eine geeignete Temperatur gesetzt werden. Außer der Verwendung des säurehaltigen ersten Resists 21 werden die Resistmuster in derselben Weise gebildet wie diejenigen, welche durch vorhandene Vorgänge gebildet werden.

Nachdem die Resistmuster in einer in Fig. 9(b) gezeigten Weise gebildet wurden, wird das Halbleitersubstrat (oder der Wafer) 3 in eine säurehaltige Lösung in einer wie in Fig. 9(c) gezeigten Weise eingetaucht. Das Substrat kann unter Verwenden eines üblichen Paddelentwicklungsverfahrens oder durch Verdampfen (oder Aufspritzen bzw. Aufsprühen) einer säurehaltigen Lösung eingetaucht bzw. benetzt werden. In einem derartigen Fall kann entweder eine organische oder eine anorganische säurehaltige Lösung als eine säurehaltige Lösung benutzt werden. Insbesondere kann beispielsweise die säurehaltige Lösung vorzugsweise eine Lösung sein, welche eine niedrige Konzentration von Essigsäure aufweist. In den vorangegangenen Vorgängen wird

eine Fläche in der Nachbarschaft einer äußeren Fläche der ersten Resistmuster 21a mit einer Säure getränkt, wodurch auf diese Weise eine dünne säurehaltige Schicht entlang der äußeren Oberfläche der ersten Resistmuster 21a gebildet wird. Das Substrat mit reinem Wasser gespült, wie bzw. wenn es erforderlich ist.

Wie in Fig. 9(c) gezeigt ist, wird das Halbleitersubstrat 3 mit einem zweiten Resist 22 – welcher eine vernetzbare Verbindung aufweist, die eine Vernetzungsreaktion in der Anwesenheit einer Säure verursachen kann und die in einem Lösungsmittel gelöst ist, welches die ersten Resistmuster 21a nicht auflösen kann – derart beschichtet, daß er die ersten Resistmuster 21a bedeckt.

Ein Material und ein Lösungsmittel, welche dieselben sind, wie diejenigen, die für die erste Ausführungsform beschrieben wurden, sind verfügbar und werden für den zweiten Resist 22 in der dritten Ausführungsform verwendet. Detaillierte und wiederholte Beschreibungen von diesen werden hier zum Zwecke der Kürze unterlassen. Nachdem es mit dem zweiten Resist 22 beschichtet ist, wird das Substrat einer Temper-Behandlung unterzogen, wenn es erforderlich ist. Da diese Wärmebehandlung eine nachfolgende Mischreaktion beeinflußt, ist es wünschenswert, die Temperatur der Wärmebehandlung auf eine geeignete Temperatur zu setzen.

Wie in Fig. 9(f) gezeigt ist, wird das Halbleitersubstrat 3 einer Wärmebehandlung unterzogen (bei einer Temperatur von 60–130°C), um dadurch zu verursachen, daß die ersten Resistmuster 21a eine Säure diffundieren bzw. freisetzen. Dies verursacht wiederum eine Vernetzungsreaktion entlang der Grenzfläche zwischen dem zweiten Resist 22 und den ersten Resistmustern 21a. Als eine Folge der Vernetzungsreaktion wird eine vernetzte Schicht 24 in dem zweiten Resist 22 derart gebildet, daß sie die ersten Resistmuster 21a bedeckt.

Wie in Fig. 9(g) gezeigt ist, wird das Substrat mit einer gemischten Lösung gereinigt, welche Wasser, das die erste Resistmuster 21a nicht auflösen kann und ein wasserlösliches organisches Lösungsmittel (z. B. Propanol) aufweist. Nachfolgend wird das Substrat mit Wasser gespült und getrocknet, wodurch nicht vernetzte Abschnitte des zweiten Resist 22 entfernt werden. Durch die vorangegangenen Vorgänge ist es möglich, ein Resistmuster mit Löchern eines kleineren Innendurchmessers, Resistmuster, welche in kleinsten Abständen voneinander getrennt angeordnet sind oder ein Resistmuster zu erzeugen, welches getrennte Inseln mit einer vergrößerten Fläche aufweist.

Wie oben erwähnt wurde, werden gemäß der dritten Ausführungsform die ersten Resistmuster 21a einer Oberflächenbehandlung unter Verwenden einer säurehaltigen Flüssigkeit unterzogen, bevor der zweite Resist 22 auf den ersten Resistmustern 21a aufgewachsen wird (bzw. aufwächst). Das Substrat wird dann einer Wärmebehandlung unterzogen, um dadurch eine Säure zu diffundieren und eine Vernetzungsreaktion zu verursachen. Deshalb gibt es keine Notwendigkeit, eine Säure in den ersten Resistmustern durch Belichten eines Substrats mit Licht zu erzeugen.

Wie in dem Fall der ersten und zweiten Ausführungsform werden die zweiten Resistmuster 22a auf verschiedenen Arten von Halbleitersubstraten gebildet, und kleinste getrennte Zwischenräume oder kleinste Löcher können in dem Halbleitersubstrat gebildet werden, während die auf diese Weise gebildeten Resistmuster als Masken benutzt werden, wobei auf diese Weise eine Halbleitervorrichtung gebildet wird.

### Beispiele

Als nächstes werden Beispiele beschrieben, die für die

entsprechenden oben erwähnten Ausführungsformen sachdienlich sind. Da ein Beispiel relevant für eins oder mehr Ausführungsbeispiele sein kann, werden die Beispiele zusammen für jedes der Elemente beschrieben; insbesondere das Material, das als der erste Resist benutzt wird, das Material, das als der zweite Resist benutzt wird, und die Bildung von kleinsten Resistmustern.

Als erstes werden Beispiele eins bis fünf im Hinblick auf das als der erste Resist benutzte Material beschrieben.

#### Erstes Beispiel

Resistmuster wurden gebildet unter Verwenden eines i-Linien-Resists (hergestellt durch Mitsubishi Chemical Industries Ltd.) – welcher von Novolak-Harz und Naphthochinondiazid gebildet ist und in Ethylacetat und Propylenglykolmonoethylacetat aufgelöst ist – als den ersten Resist.

Als erstes wurde der oben genannte Resist auf einen Silikonwafer aufgebracht und der Silikonwafer wurde dann mit dem Resist schleuderbeschichtet. Der Wafer wurde dann einer Vortemper-Behandlung bei 85°C für 70 Sekunden ausgesetzt, um dadurch das Lösungsmittel von dem Resist zu verdampfen, wodurch auf diese Weise der erste Resist in einer Dicke von ungefähr 1,0 µm gebildet wurde.

Der auf diese Weise gebildete erste Resist wurde einer i-Linie von einem auf die i-Linie beschränkten Belichtungssystem durch eine Maske belichtet so wie derjenige, der in einer beliebigen der Fig. 1(a)–1(c) gezeigt ist. Das Substrat wurde dann einer PEB-Behandlung bei 120°C für 70 Sekunden unterzogen. Nachfolgend wurde das Substrat durch Verwenden eines alkalischen Entwicklers (NMD3 hergestellt durch Tokyo, Oyo-kagaku Kogyo Ltd.) entwickelt, wodurch ein Resistmuster erzeugt wurde, welches eine Lochgröße oder einen Trennabstand wie diejenigen, die in einer beliebigen der Fig. 10(a)–10(c) gezeigt sind, aufweist.

#### Zweites Beispiel

Resistmuster wurden gebildet unter Verwenden eines i-Linien-Resists (hergestellt bei Sumitomo Chemical Co. Ltd.) – welches aus Novolak-Harz und Naphthochinondiazid gebildet ist und in 2-Heptanon aufgelöst ist – als den ersten Resist.

Als erstes wurde der oben genannte Resist auf einem Siliziumwafer aufgebracht und dann wurde der Siliziumwafer mit dem Resist schleuderbeschichtet, wodurch auf diese Weise die Resistschicht (bzw. der Resistfilm) in einer Dicke von ungefähr 0,8 µm aufwuchs. Dann wurde der Wafer einer Vortemper-Behandlung bei 85°C für 70 Sekunden unterzogen um dadurch das Lösungsmittel von bzw. aus dem Resist zu verdampfen. Der Wafer wurde einer i-Linie von einem auf eine i-Linie beschränkten Belichtungssystem durch eine Maske wie diejenige, die in einer beliebigen der Fig. 1(a)–1(c) gezeigt sind, belichtet.

Nachfolgend wurde das Substrat einer PEB-Behandlung bei 120°C für 70 Sekunden unterzogen und wurde dann durch Verwenden eines alkalischen Entwicklers (NMD3 hergestellt durch Tokyo Oyo-kagaku Kogyo Ltd.) entwickelt, wodurch ein Resistmuster erzeugt wurde, das eine Lochgröße oder einen Trennabstand wie diejenigen, die in einer beliebigen der Fig. 11(a)–11(c) gezeigt sind, aufweist.

#### Drittes Beispiel

Resistmuster wurden gebildet unter Verwenden eines chemisch verstärkten Excimer-Resists (hergestellt durch Tokyo Oyo-kagaku Ltd.) als den ersten Resist.

Zuerst wurde der oben genannte Resist auf einem Silizi-

umwafer aufgebracht, und der Siliziumwafer wurde dann mit dem Resist schleuderbeschichtet, wodurch auf diese Weise die Resistschicht in einer Dicke von ungefähr 0,8 µm aufwuchs. Als nächstes wurde der Wafer einer Vortemper-Behandlung bei 90°C für 90 Sekunden unterzogen, um dadurch das Lösungsmittel von bzw. aus dem Resist zu verdampfen. Der Wafer wurde einem KrF-Excimer-Laserstrahl von einem auf einen KrF-Excimer beschränkten Belichtungssystem durch eine Maske so wie diejenige, die in einer beliebigen der Fig. 1(a)–1(c) gezeigt ist, ausgesetzt.

Nachfolgend wurde das Substrat einer PEB-Behandlung bei 100°C für 90 Sekunden unterzogen und wurde dann durch Verwenden eines alkalischen Entwicklers (NMD-W hergestellt durch Tokyo Oyo-kagaku Kogyo Ltd.) entwickelt, wobei ein Resistmuster wie dasjenige, das in einer beliebigen der Fig. 12(a)–12(c) gezeigt ist, erzeugt wird.

#### Viertes Beispiel

Resistmuster wurden gebildet unter Verwenden eines chemisch verstärkten Resists (hergestellt durch Hisiden Kasei Co. Ltd.; siehe auch MELKER, J. Vac. Sci. Technol., B11 (6)2773, 1993) – welcher aus t-Bocpolyhydroxystyrol und einem Säure-Erzeuger gebildet ist – als den ersten Resist.

Zuerst wird der oben genannte Resist auf einem Siliziumwafer aufgebracht und dann wird der Siliziumwafer mit dem Resistwafer schleuderbeschichtet, wodurch auf diese Weise die Resistschicht in einer Dicke von ungefähr 0,52 µm aufwuchs. Dann wurde der Wafer einer Vortemper-Behandlung bei 120°C für 180 Sekunden unterzogen, um auf diese Weise das Lösungsmittel von bzw. aus dem Resist zu verdampfen. Der auf diese Weise gebildete Resist wurde mit einem antistatischen Mittel (Espacer ESP-100 hergestellt durch Showa Denko K.K.) in einer zu der oben erwähnten Weise analogen Weise schleuderbeschichtet, und der Wafer wurde dann einer Temper-Behandlung bei 80°C für 120 Sekunden unterzogen.

Nachfolgend wurden Muster auf dem Resist mit einer Rate von 17,4 µC/cm<sup>2</sup> durch Verwenden eines Elektronenstrahlschreibsystems geschrieben, und der Wafer wurde einer PEB-Behandlung bei 80°C für 120 Sekunden unterzogen. Die antistatische Schicht (bzw. der antistatische Film) wurde durch Verwenden von reinem Wasser entfernt, und die Resistmuster wurden durch Verwenden eines alkalischen Entwicklers (NMD-W hergestellt durch Tokyo Oyo-kagaku Kogyo Ltd.) entwickelt, wobei ein Elektronenstrahlresistmuster von ungefähr 0,2 µm wie dasjenige, das in einer beliebigen der Fig. 13(a)–13(c) gezeigt ist, erzeugt wurde.

Das fünfte bis zwölfte Beispiel wird im Hinblick auf das als der zweite Resist benutzte Material beschrieben.

#### Fünftes Beispiel

Eine 5gew.-%ige wäßrige Lösung von Polyvinylacetalharz KW3 wurde als ein Material für den zweiten Resist durch Hinzufügen von 400 g Wasser zu 100 g eines 20gew.-%igen Polyvinylacetalharzes (Esflex KW3 hergestellt durch Sekisui Chemical Co. Ltd.) in einem 1-Liter-Meßkolben und durch Rühren der auf diese Weise gebildeten Mischung für sechs Stunden bei Raumtemperatur gebildet. Eine 5gew.-%ige wäßrige Lösung von Polyvinylacetalharz KW1 wurde in derselben Weise gebildet, abgesehen davon, daß es von einem anderen Polyvinylacetalharz (Esflex KW1 hergestellt durch Sekisui Chemical Co. Ltd.) hergestellt wurde.

#### Sechstes Beispiel

Das sechste Beispiel unterscheidet sich von dem fünften

Beispiel darin, daß das Polyvinylacetalharz durch Polyvinylalkoholharz, einem wasserlöslichen und eine Verbindung einer Oxazolgruppe enthaltenden Harz (Epocross WS 500 hergestellt durch Nippon Shokubai Co. Ltd.) und Styrol-Maleinsäureanhydrid-Copolymere (SMA 1000, 1400II hergestellt durch ARCO Chemical Co. Ltd.) ersetzt wurde. Kurz gesagt wurde eine 5gew.-%ige wäßrige Lösung von Polyvinylalkoholharz, eine 5gew.-%ige wäßrige Lösung eines wasserlöslichen oxazolhaltigen Harzes und eine 5gew.-%ige wäßrige Lösung von Styrol-Maleinsäureanhydrid-Copolymeren als Materialien für den zweiten Resist in derselben Weise wie diejenigen des fünften Beispiels angesetzt (d. h. zubereitet).

#### Siebtes Beispiel

Eine ungefähr 10gew.-%ige wäßrige Lösung von Methylolmelamin wurde als ein Material für den zweiten Resist gebildet durch miteinander Mischen von 100 g von Methoxymethylolmelamin (Cymel 370 von Mitsui Cynamide Co. Ltd.), 780 g reinen Wassers und 40 g von IPA in einem 1-Liter-Meßkolben und durch Rühren der Mischung für sechs Stunden bei Raumtemperatur.

#### Achtes Beispiel

Eine ungefähr 10gew.-%ige wäßrige Lösung von Ethylenharnstoff wurde als ein Material für den zweiten Resist durch Hinzufügen von 860 g reinen Wassers und 40 g von IPA zu 100 g von (N-Methoxymethyl-)methoxyethylenharnstoff in einem 1-Liter-Meßkolben und durch Rühren der auf diese Weise gebildeten Mischung für sechs Stunden bei Raumtemperatur gebildet. Eine andere wäßrige Lösung wurde in derselben Weise gebildet, abgesehen davon, daß sie aus (N-Methoxymethyl-)hydroxyethylenharnstoff gebildet wurde, und eine weitere andere wäßrige Lösung wurde aus N-Methoxymethylharnstoff gebildet.

#### Neuntes Beispiel

Eine gemischte Lösung, welche ein wasserlösliches Harz und ein wasserlösliches Vernetzungsmittel aufweist, wurde als Material für den zweiten Resist gebildet durch miteinander Vermischen von 160 g der wäßrigen Lösung von Polyvinylacetal KW3, welche in dem fünften Beispiel erhalten wurde, 20 g der wäßrigen Lösung von Methoxymethylolmelamin, welche in dem siebten Beispiel erhalten wurde, und 20 g reinen Wassers und durch Rühren der auf diese Weise angesetzten Mischung für sechs Stunden bei Raumtemperatur.

#### Zehntes Beispiel

Drei Arten von gemischten Lösungen, welche ein wasserlösliches Harz und ein wasserlösliches Vernetzungsmittel aufweisen, wurden als Materialien für den zweiten Resist gebildet. Insbesondere wurde eine Art einer gemischten Lösung gebildet durch Hinzufügen von 20 g reinen Wassers zu 160 g der wäßrigen Lösung von Polyvinylacetal KW3, welche in dem fünften Beispiel erhalten wurde und 20 g der wäßrigen Lösung von (N-Methoxymethyl-)methoxyethylenharnstoff, welche in dem achten Beispiel angesetzt wurde, und durch Rühren der auf diese Weise angesetzten Mischung für sechs Stunden bei Raumtemperatur. Eine andere Art einer gemischten Lösung wurde in derselben Weise gebildet, abgesehen davon, daß sie aus 20 g der wäßrigen Lösung von (N-Methoxymethyl-)hydroxyethylenharnstoff gebildet wurde, welche in dem achten Beispiel angesetzt

wurde. Eine weitere andere Art einer gemischten Lösung wurde in derselben Weise gebildet, abgesehen davon, daß sie aus 20 g der wäßrigen Lösung von N-Methoxymethylharnstoff, welche in dem achten Beispiel angesetzt wurde, gebildet wurde.

#### Elftes Beispiel

Drei Arten von wäßrigen Lösungen eines zweiten Resists wurden als Materialien für den zweiten Resist gebildet. Insbesondere wurde eine wäßrige Lösung einer Art, welche eine Konzentration von ungefähr 11 Gew.-% von Methoxymethylenharnstoff, welches als ein wasserlösliches Vernetzungsmittel in Bezug auf ein Polyvinylacetalharz benutzt wird, aufweist, durch miteinander Vermischen von 160 g der wäßrigen Lösung von Polyvinylacetal KW3, welche in dem fünften Beispiel angesetzt wurde, 10 g der wäßrigen Lösung von Methoxyethylenharnstoff, welche in dem achten Beispiel angesetzt wurde, und 20 g reinen Wassers für sechs Stunden bei Raumtemperatur gebildet. Eine wäßrige Lösung einer anderen Art mit einer Konzentration von ungefähr 20 Gew.-% von Methoxyethylenharnstoff wurde in derselben Weise gebildet, abgesehen davon, daß sie aus 20 g der wäßrigen Lösung von Methoxyethylenharnstoff, welche in dem achten Beispiel angesetzt wurde, gebildet wurde. Eine wäßrige Lösung eines weiteren anderen Typs mit einer Konzentration von ungefähr 27 Gew.-% von Methoxyethylenharnstoff wurde in derselben Weise gebildet, abgesehen davon, daß sie mit 30 g der wäßrigen Lösung von Methoxyethylenharnstoff, welche in dem achten Beispiel angesetzt wurde, gebildet wurde.

#### Zwölftes Beispiel

Drei Arten von gemischten Lösungen mit verschiedenen Mischverhältnissen von Polyvinylacetalharz zu Polyvinylalkoholharz wurden als Materialien für den zweiten Resist gebildet. Insbesondere wurde eine gemischte Lösung einer Art durch Mischen von 100 cm<sup>3</sup> der 5gew.-%igen wäßrigen Lösung von Polyvinylacetalharz, welche in dem fünften Beispiel angesetzt wurde, mit 35,3 g der 5gew.-%igen wäßrigen Lösung von Polyvinylalkoholharz, welche in dem sechsten Beispiel angesetzt wurde, und durch Rühren der auf diese Weise angesetzten Mischung für sechs Stunden bei Raumtemperatur gebildet. Eine gemischte Lösung einer anderen Art wurde in derselben Weise gebildet, abgesehen davon, daß sie aus 12,2 g der 5gew.-%igen wäßrigen Lösung von Polyvinylalkoholharz, welche in dem sechsten Beispiel angesetzt wurde, gebildet wurde.

Das dreizehnte bis zweiundzwanzigste Beispiel wird nun im Hinblick auf die Herstellung kleinster Resistmuster beschrieben.

#### Dreizehntes Beispiel

Das Material für den zweiten Resist, das in dem zwölften Beispiel angesetzt wurde, wurde auf einem Siliziumwafer mit den in dem ersten Beispiel darauf gebildeten ersten Resistmustern aufgebracht, und der Siliziumwafer wurde dann mit dem zweiten Resist schleuderbeschichtet. Als nächstes wurde der Wafer einer Vortemper-Behandlung bei 85°C für 70 Sekunden unterzogen, wobei auf diese Weise eine zweite Resistschicht bzw. ein zweiter Resistfilm gebildet wurde.

Nachfolgend wurde der Wafer einer Misch- und Temper(MB)-Behandlung bei 120°C für 90 Sekunden unterzogen, wobei auf diese Weise eine Vernetzungsreaktion beschleunigt wurde. Eine nicht vernetzte Schicht wurde aufgelöst und von dem Wafer entfernt durch folgende Schritte:

Reinigen des Wafers mit einer wäßrigen Lösung von Isopropylalkohol für 10 Sekunden in einer stationären bzw. stehenden Weise; ferner Spülen des Wafers mit Wasser für 60 Sekunden; und Trocknen des Wafers, während er gedreht bzw. geschleudert wurde.

Der Wafer wurde dann einer Nachtemper-Behandlung bei 110°C unterzogen, wobei eine vernetzte Schicht eines zweiten Resists oberhalb der ersten Resistmuster gebildet wurde. Schließlich wurde, wie in einer beliebigen der Fig. 14(a)–14(c) gezeigt ist, ein zweites Resistmuster gebildet.

Wie in Fig. 14(a)–14(c) gezeigt ist, wurden vernetzte Schichten gebildet, während das Mischverhältnis von Polyvinylacetalharz zu Polyvinylalkoholharz geändert wurde. Die Größe jedes der Resistmuster (d. h. der Durchmesser eines Loches, das in dem Muster gebildet wurde), welche nach dem Bilden der vernetzten Schicht erzeugt wurde, wurde gemessen, während das Verhältnis der wasserlöslichen Harze geändert wurde.

Wie es von einer in Fig. 15 gezeigten Tabelle offensichtlich ist, wurde gefunden, daß die Dicke der vernetzten Schicht, welche oberhalb der ersten Resistmuster gebildet wurde, durch Verändern des Verhältnisses von Polyvinylacetalharz zu Polyvinylalkoholharz gesteuert werden kann.

#### Vierzehntes Beispiel

Die wäßrige Lösung von KW3, welche in dem fünften Beispiel angesetzt wurde, wurde als Material für den zweiten Resist auf einen Siliziumwafer mit den ersten Resistmustern, welche darauf in dem zweiten Beispiel gebildet wurden, aufgebracht, und der Siliziumwafer wurde dann mit dem zweiten Resist schleuderbeschichtet. Als nächstes wurde der Wafer einer Vortemper-Behandlung bei 85°C für 70 Sekunden unterzogen, wobei auf diese Weise eine zweite Resistschicht bzw. ein zweiter Resistfilm gebildet wurde.

Nachfolgend wurde die gesamte Oberfläche des Wafers mit einer i-Linie von einem i-Linien-Belichtungssystem belichtet, und der auf diese Weise belichtete Wafer wurde ferner einer Mischung- und Temper(MB)-Behandlung bei 150°C für 90 Sekunden unterzogen, wodurch eine Vernetzungsreaktion beschleunigt wurde.

Eine nicht vernetzte Schicht wurde aufgelöst und von dem Wafer entfernt durch folgende Schritt: Reinigen des Wafers mit einer wäßrigen Lösung von Isopropylalkohol für 10 Sekunden in einer stationären Weise; ferner Spülen des Wafers mit Wasser für 60 Sekunden; und Trocknen des Wafers, während er gedreht wurde.

Der Wafer wurde dann einer Nachtemper-Behandlung bei 110°C unterzogen, wobei auf diese Weise eine vernetzte Schicht eines zweiten Resists oberhalb der ersten Resistmuster gebildet wurde. Schließlich wurde, wie in Fig. 16 gezeigt ist, ein zweites Resistmuster gebildet. Ein Wert von 0,36 µm, der in Fig. 16 gezeigt ist, stellt den Durchmesser eines Loches dar, das gebildet wurde, bevor eine vernetzte Schicht gebildet wurde.

Im Hinblick auf das in Fig. 16 gezeigte Resistmuster wurde die Größe des Resistmusters (oder die Größe eines Loches, das in dem Resistmuster gebildet ist) nach dem Bilden einer vernetzten Schicht gemessen, wenn die gesamte Oberfläche des Wafers mit Licht belichtet wurde, und wenn die gesamte Oberfläche nicht mit Licht belichtet wurde.

Wie in Fig. 17 gezeigt ist, beträgt der Durchmesser des in dem ersten Resistmuster vor dem Bilden der vernetzten Schicht gebildeten Loches 0,36 µm. In einem Fall, in dem die gesamte Oberfläche des Wafers mit Licht belichtet wurde, betrug der Durchmesser des Loches ungefähr 0,14 µm. Im Gegensatz dazu wurde in einem Fall, in dem die ganze Oberfläche nicht mit Licht belichtet wurde, der

Durchmesser des Loches auf ungefähr 0,11 µm verringert.

Es wurde gefunden, daß im Gegensatz zu dem Fall, in dem die gesamte Oberfläche des Wafers nicht mit Licht belichtet wurde, die Vernetzungsreaktion durch Belichten der gesamten Oberfläche des Wafers mit Licht vor der MB-Behandlung beschleunigt wird, wobei auf diese Weise eine dicke vernetzte Schicht oberhalb der Oberfläche des ersten Resists gebildet wird.

#### Fünfzehntes Beispiel

Die gemischte Lösung, welche Polyvinylacetalharz und (20 Gew.-%) eines Ethylenharnstoffes aufweist und in dem elften Beispiel angesetzt wurde, wurde als ein zweiter Resist auf den Siliziumwafer mit den ersten Resistmustern, welche in dem zweiten Beispiel darauf gebildet wurden, aufgebracht.

Das als der zweite Resist benutzte Material wurde auf den Wafer aufgebracht, und der Wafer wurde mit dem zweiten Resist schleuderbeschichtet. Als nächstes wurde der Wafer einer Misch- und Temper(MB)-Behandlung unter drei verschiedenen Bedingungen unterzogen: das heißt bei 105°C für 60 Sekunden, bei 116°C für 16 Sekunden und bei 125°C für 60 Sekunden.

Nachfolgend wurde eine nicht vernetzte Schicht aufgelöst und von dem Wafer entfernt durch folgende Schritte: Reinigen des Wafers mit einer wäßrigen Lösung von Isopropylalkohol für 10 Sekunden in einer stationären Weise; ferner Spülen des Wafers mit Wasser für 60 Sekunden; und Trocknen des Wafers, während er gedreht wird.

Der Wafer wurde dann einer Nachtemper-Behandlung bei 110°C unterzogen, wobei auf diese Weise eine vernetzte Schicht eines zweiten Resists oberhalb der ersten Resistmuster gebildet wurde. Schließlich wurde, wie in einer beliebigen der Fig. 18(a)–18(c) gezeigt ist, ein zweites Resistmuster (d. h. ein Muster mit Löchern, Linienmuster oder Muster mit getrennten Inseln) gebildet.

Im Hinblick auf die in Fig. 18(a)–18(c) gezeigten Resistmuster wurde die Größe einer Fläche, die in dem Resistmuster gemessen werden soll, das nach der Bildung der vernetzten Schicht gebildet wurde, (d. h. der Durchmesser eines in Fig. 8(a) gezeigten Loches, der Abstand zwischen den in Fig. 8(b) gezeigten Linien und der Abstand zwischen den Mustern mit getrennten Inseln, die in Fig. 8(c) gezeigt sind) gemessen, während die Temperatur der MB-Behandlung geändert wurde.

Wie es von einer in Fig. 19 gezeigten Tabelle offensichtlich ist, wurden in dem Fall der Resistmuster nach der Bildung der vernetzten Schicht der innere Durchmesser des Loches – welches einen Durchmesser von 0,36 µm aufweist und in dem zweiten Beispiel gebildet wurde – und der Abstand (von 0,40 µm) zwischen den Linienmustern und zwischen den Mustern mit getrennten Inseln verringert. Das Ausmaß, auf das der Durchmesser und der Abstand verringert wurde, nimmt zu mit einer Zunahme der Temperatur der MB-Behandlung.

Von den oben gegebenen Beschreibungen wurde gefunden, daß die Vernetzungsreaktion auf genaue Weise durch Steuern der Temperatur der MB-Behandlung gesteuert werden kann.

#### Sechzehntes Beispiel

Drei Arten von gemischten wäßrigen Lösungen wurden als ein zweiter Resist auf Siliziumwafer, von denen jeder die in dem zweiten Beispiel darauf gebildeten ersten Resistmuster aufweist, aufgebracht. Insbesondere wurden die gemischten Lösungen aus den wäßrigen Lösungen von Polyvi-



nylacetat, die in dem fünften Beispiel angesetzt wurden, aus der wäßrigen Lösung von Polyvinylacetalharz, die in dem zehnten Beispiel angesetzt wurde, und aus Methoxyethylenharnstoff, das als ein wasserlösliches Vernetzungsmittel dient, gebildet, während eine Konzentration von Methoxyethylenharnstoff geändert wurde.

Diese drei Arten von Materialien wurden auf Wafer aufgebracht und die Wafer wurden mit dem zweiten Resist schleuderbeschichtet. Als nächstes wurden Wafer einer Misch-und-Temper(MB)-Behandlung bei 115°C für 60 Sekunden unterzogen, wobei auf diese Weise eine Vernetzungsreaktion verursacht wurde.

Nachfolgend wurde eine nicht vernetzte Schicht aufgelöst und von dem Wafer entfernt durch folgende Schritte: Reinigen des Wafers mit einer wäßrigen Lösung von Isopropylalkohol für 10 Sekunden in einer stationären Weise; ferner Spülen des Wafers mit Wasser für 60 Sekunden; und Trocknen des Wafers, während er gedreht wurde.

Die Wafer wurden dann einer Nachtemper-Behandlung bei 110°C ausgesetzt, wobei auf diese Weise eine vernetzte Schicht eines zweiten Resists oberhalb der ersten Resistmuster gebildet wurde.

Schließlich wurde, wie in Fig. 20 gezeigt ist, ein zweites Resistmuster gebildet.

Im Hinblick auf die in Fig. 20 gezeigten Resistmuster wurde die Größe der Resistmuster (oder der Durchmesser eines Loches), welche nach dem Bilden der vernetzten Schicht gebildet wurde, gemessen, während die Konzentration des wasserlöslichen Vernetzungsmittels geändert wurde.

Wie es von einer in Fig. 21 gezeigten Tabelle offensichtlich ist, wurde der Innendurchmesser des Loches – welches einen Durchmesser von 0,36 µm aufwies und in dem zweiten Beispiel gebildet wurde – verringert. Das Ausmaß, auf das der Durchmesser verringert wurde, nimmt zu mit einer Zunahme in dem Mischverhältnis des wasserlöslichen Vernetzungsmittels.

Aus den vorangegangenen Beschreibungen wurde gefunden, daß die Vernetzungsreaktion auf genaue Weise durch Steuern des Mischverhältnisses des wasserlöslichen Materials gesteuert werden kann.

#### Siebzehntes Beispiel

Vier Arten von wäßrigen Lösungen wurden als ein zweites Resist auf dem Siliziumwafer mit den in dem dritten Beispiel darauf gebildeten Resistmustern aufgebracht: das heißt, die wäßrige Lösung von Polyvinylacetal, die in dem fünften Beispiel angesetzt wurde; eine gemischte Lösung, welche aus der wäßrigen Lösung von Polyvinylacetalharz und (N-Methoxymethyl)-dimethoxymethylenharnstoff, das als ein wasserlösliches Vernetzungsmittel dient, besteht und in dem zehnten Beispiel angesetzt wurde; eine gemischte Lösung, die aus Polyvinylacetalharz und (N-Methoxymethyl)-methoxyhydroxyethylenharnstoff besteht und in dem zehnten Beispiel angesetzt wurde; und eine gemischte Lösung, die aus Polyvinylacetalharz und N-Methoxymethylharnstoff und in dem zehnten Beispiel angesetzt wurde, besteht. Diese vier Arten von Materialien, welche als der zweite Resist benutzt werden, wurden auf Wafern aufgebracht, und die Wafer wurden mit den zweiten Resisten schleuderbeschichtet. Als nächstes wurden die Wafer einer Misch-und-Temper(MB)-Behandlung bei 105°C für 60 Sekunden ausgesetzt, wobei auf diese Weise eine Vernetzungsreaktion verursacht wurde.

Nachfolgend wurde eine nicht vernetzte Schicht aufgelöst und von dem Wafer entfernt durch folgende Schritte: Reinigen des Wafers mit einer wäßrigen Lösung von Isopropylal-

kohol für 10 Sekunden in einer stationären Weise; ferner Spülen des Wafers mit Wasser für 60 Sekunden; und Trocknen des Wafers, während er gedreht wird.

Der Wafer wurde dann einer Nachtemper-Behandlung bei 110°C unterzogen, wobei auf diese Weise eine vernetzte Schicht eines zweiten Resists oberhalb der ersten Resistmuster gebildet wurde. Es wurde ein zweites Resistmuster analog zu demjenigen, das in Fig. 20 gezeigt ist, gebildet.

Im Hinblick auf das in Fig. 20 gezeigte Resistmuster wurde die Größe der Resistmuster (oder der Durchmesser eines Lochs), welche nach der Bildung der vernetzten Schicht gebildet wurden, gemessen, während der Typ des wasserlöslichen Vernetzungsmittels geändert wurde.

Wie es von einer in Fig. 22 gezeigten Tabelle offensichtlich ist, wurde der Innendurchmesser des Lochs – welches einen Durchmesser von 0,24 µm aufwies und in dem dritten Beispiel gebildet wurde – verringert. Es wurde gefunden, daß sich das Ausmaß der Verringerung in dem Innendurchmesser mit der Art des wasserlöslichen Vernetzungsmittels ändert.

Von den oben gegebenen Beschreibungen wurde gefunden, daß die Vernetzungsreaktion auf genaue Weise durch Steuern des Mischverhältnisses des wasserlöslichen Materials gesteuert werden kann.

#### Achtzehntes Beispiel

Eine gemischte wäßrige Lösung wurde auf dem Siliziumwafer mit den in dem dritten Beispiel darauf gebildeten ersten Resistmustern aufgebracht, wobei die Lösung eine wäßrige Lösung von Polyvinylacetalharz und N-Methoxymethylhydroxymethoxyethylenharnstoff, welches als ein wasserlösliches Vernetzungsmittel dient, aufweist.

Der zweite Resist wurde auf einem Wafer aufgebracht, und der Wafer wurde mit dem zweiten Resist schleuderbeschichtet. Als nächstes wurde der Wafer einer Misch-und-Temper(MB)-Behandlung bei einer gegebenen Temperatur für 60 Sekunden unterzogen, wobei auf diese Weise eine Vernetzungsreaktion verursacht wurde.

Nachfolgend wurde eine nicht vernetzte Schicht aufgelöst und von dem Wafer entfernt durch folgende Schritte: Reinigen des Wafers mit einer wäßrigen Lösung von Isopropylalkohol für 10 Sekunden in einer stationären Weise; ferner Spülen des Wafers mit Wasser für 60 Sekunden; und Trocknen des Wafers, während er gedreht wird.

Der Wafer wurde dann einer Nachtemper-Behandlung bei 110°C unterzogen, wobei auf diese Weise eine vernetzte Schicht eines zweiten Resists oberhalb der ersten Resistmuster gebildet wurde. Es wurde ein zweites Resistmuster analog zu demjenigen, das in Fig. 20 gezeigt ist, gebildet.

Im Hinblick auf das in Fig. 20 gezeigte Resistmuster wurde die Größe des Resistmusters (oder der Durchmesser eines Lochs), welches nach dem Bilden der vernetzten Schicht gebildet wurde, gemessen, während die Menge des wasserlöslichen Vernetzungsmittels und die Temperatur der Misch-und-Temper(MB)-Behandlung geändert wurden.

Wie es von einer in Fig. 23 gezeigten Tabelle offensichtlich ist, wurde der Innendurchmesser des Lochs – welches einen Durchmesser von 0,24 µm aufwies und in dem dritten Beispiel gebildet wurde – verringert. Es wurde gefunden, daß sich das Ausmaß der Verringerung in dem Innendurchmesser mit der Art der Menge des wasserlöslichen Vernetzungsmittels und der Temperatur der MB-Behandlung verändert.

Von den vorangegangenen Beschreibungen wurde gefunden, daß die Größe eines Resistmusters durch Verwenden einer Vernetzungsreaktion gesteuert werden kann, sogar wenn ein chemisch verstärkter Resist benutzt wird, welcher eine Säure bei einer Belichtung erzeugt.

## Neunzehntes Beispiel

Eine Lösung wurde als Material für den zweiten Resist auf dem Siliziumwafer mit den in dem dritten Beispiel darauf gebildeten ersten Resistmustern aufgebracht, wobei die Lösung folgendes aufwies: die wäßrige Lösung der in dem sechsten Beispiel angesetzten Polyvinylalkohollösung und eine gemischte Lösung, welche aus (N-Methoxymethyl)-di-methoxyethylenharnstoff und Polyvinylalkohol bestand und derart gesteuert war, daß sie 10 Gew.-% von Harnstoff enthielt.

Der zweite Resist wurde auf einem Wafer aufgebracht und der Wafer mit dem zweiten Resist schleuderbeschichtet. Als nächstes wurde der Wafer einer Misch-und-Temper(MB)-Behandlung bei drei verschiedenen Temperaturen von 95, 105 und 115°C für 60 Sekunden unterzogen, wobei auf diese Weise eine Vernetzungsreaktion verursacht wurde.

Nachfolgend wurde eine nicht vernetzte Schicht gelöst und von dem Wafer entfernt durch folgende Schritte: Reinigen des Wafers mit einer wäßrigen Lösung von Isopropylalkohol für 10 Sekunden in einer stationären Weise; ferner Spülen des Wafers mit Wasser für 60 Sekunden; und Trocknen des Wafers während er gedreht wurde.

Der Wafer wurde dann einer Nachtemper-Behandlung bei 110°C unterzogen, wobei auf diese Weise eine vernetzte Schicht eines zweiten Resists oberhalb der ersten Resistmuster gebildet wurde. Es wurde ein zweites Resistmuster analog zu denjenigen, das in Fig. 20 gezeigt ist, gebildet.

Im Hinblick auf das in Fig. 20 gezeigte Resistmuster wurde die Größe des Resistmusters (oder des Durchmessers eines Lochs), das nach dem Bilden der vernetzten Schicht gebildet wurde, gemessen, während die Temperatur der MB-Behandlung im Hinblick darauf geändert wurde, wo der zweite Resist mit einem Vernetzungsmittel versehen war und wo der zweite Resist nicht mit einem Vernetzungsmittel versehen war.

Wie es von einer in Fig. 24 gezeigten Tabelle offensichtlich ist, wurde der Innendurchmesser des Lochs - welches einen Durchmesser von 0,24 µm aufwies und in dem dritten Beispiel gebildet wurde - verringert. Es wurde gefunden, daß eine Vernetzungsreaktion weiter beschleunigt wird durch Hinzufügen eines Vernetzungsmittels, das das Ausmaß der Verringerung in dem Durchmesser auf einfache Weise durch die Temperatur der Wärmebehandlung gesteuert werden kann, und das das Ausmaß, in dem die Stärke der Verringerung in dem Durchmesser des Lochs gesteuert wird, vergrößert wird.

## Zwanzigstes Beispiel

Die wäßrige Lösung von Polyvinylalkohol, welche in dem sechsten Beispiel angesetzt wurde, und die gemischte Lösung, welche Polyvinylalkohol und (10 Gew.-% von) Ethylenharnstoff aufweist und in dem neunzehnten Beispiel angesetzt wurde, wurden als zweite Resiste entsprechend auf 8-inch-Siliziumwafer (1 inch 2,54 cm) mit den in dem dritten Beispiel darauf gebildeten Resistmustern benutzt.

Der zweite Resist wurde auf dem Wafer aufgebracht, und der Wafer wurde mit dem zweiten Resist schleuderbeschichtet. Als nächstes wurde der Wafer einer Misch-und-Temper(MB)-Behandlung bei 115°C für 60 Sekunden unterzogen, wobei auf diese Weise eine Vernetzungsreaktion verursacht wurde.

Nachfolgend wurde eine nicht vernetzte Schicht aufgelöst und von dem Wafer entfernt auf vier Weisen: das heißt, durch Reinigen des Wafers nur mit reinem Wasser für 60 Sekunden; durch Reinigen des Wafers nur mit reinem Wasser für 180 Sekunden; durch Reinigen des Wafers nur mit rei-

nem Wasser für 300 Sekunden; und durch Reinigen des Wafers mit einer wäßrigen Lösung von Isopropylalkohol für 10 Sekunden in einer stationären Weise und durch Spülen des Wafers mit reinem Wasser für 50 Sekunden.

Die auf diese Weise gebildeten Resistmuster wurden daraufhin geprüft, ob sie Musterfehler oder Fremdmaterial aufweisen oder nicht, unter Verwenden eines KLA-Musterfehleruntersuchungssystems. Wie aus der Tabelle der Fig. 25 offensichtlich ist, wurden eine Mehrzahl von tropfenartigen Fehlern oder nicht aufgelösten Rückständen in der Oberfläche des 8-inch-Wafers in dem Fall gefunden, in dem der Wafer nur mit Wasser gereinigt wurde. Im Gegensatz dazu wurden in dem Fall, in dem der Wafer mit der wäßrigen Lösung von Isopropylalkohol und durch Spülen des Wafers mit reinem Wasser gereinigt wurde, überhaupt keine tropfenartigen Fehler oder nicht gelösten Rückstände gefunden. Ferner wurde in dem Fall, in dem das wasserlösliche Vernetzungsmittel zu dem Resist hinzugefügt wurde, gefunden, daß es eine Verbesserung in der Löslichkeit eines nicht vernetzten Abschnittes gibt, was wiederum Tropfen oder Rückstände, welche nach dem Reinigen des Wafers verbleiben, verringert.

Es wurde gefunden, daß ein Reinigungsprozeß aus zwei Schritten, d. h. Reinigen des Wafers mit einer Lösung, welche ein hohes Lösungsvermögen aufweist, gefolgt von Spülen des Wafers mit Wasser, effektiv darin ist, ungelöste Rückstände zu verhindern.

## Einundzwanzigstes Beispiel

Drei Arten von gemischten wäßrigen Lösungen wurden als ein zweiter Resist auf Siliziumwafer, von denen jeder die in dem vierten Beispiel darauf gebildeten ersten Resistmuster aufwies, aufgebracht. Insbesondere eine Art einer gemischten wäßrigen Lösung wurde von der wäßrigen Lösung des Polyvinylacetalharzes KW3 des fünften Beispiels gebildet; eine andere Art einer gemischten wäßrigen Lösung wurde aus der wäßrigen Lösung von Polyvinylacetalharz KW3 und Methoxyethylenharnstoff, welches aus ein wasserlösliches Vernetzungsmittel in dem zehnten Beispiel dient, gebildet; und eine weitere andere Art einer gemischten wäßrigen Lösung wurde aus Polyvinylalkohol und (10 Gew.-% von) Methoxyethylenharnstoff des neunzehnten Beispiels gebildet.

Diese drei Arten von Materialien wurden auf Wafer aufgebracht, und die Wafer wurden mit dem zweiten Resist schleuderbeschichtet. Als nächstes wurden die Wafer einer Misch-und-Temper(MB)-Behandlung bei 85°C für 70 Sekunden unterzogen, wobei auf diese Weise eine zweite Resistschicht bzw. ein zweiter Resistfilm gebildet wurde.

Der Wafer wurde einer Misch-und-Temper(MB)-Behandlung bei zwei verschiedenen Temperaturen von 105 und 115°C für 60 Sekunden unterzogen, was eine Vernetzungsreaktion verursacht.

Nachfolgend wurde eine nicht vernetzte Schicht aufgelöst und von dem Wafer entfernt durch folgende Schritte: Reinigen des Wafers mit einer wäßrigen Lösung von Isopropylalkohol für 10 Sekunden in einer stationären Weise; ferner Spülen des Wafers mit Wasser für 60 Sekunden; und Trocknen des Wafers, während er gedreht wird.

Die Wafer wurden dann einer Nachtemper-Behandlung bei 110°C unterzogen, wobei auf diese Weise eine vernetzte Schicht eines zweiten Resists oberhalb der ersten Resistmuster gebildet wurde. Schließlich wurde ein zweites Resistmuster gebildet, wie in Fig. 20 gezeigt ist.

In Hinblick auf das in Fig. 20 gezeigte Resistmuster wurde die Größe des Resistmusters (oder der Durchmesser eines Lochs), welches nach dem Bilden der vernetzten



Schicht gebildet wurde, gemessen, während die Art des Vernetzungsmittels geändert wurde.

Wie von einer Tabelle in Fig. 26 offensichtlich ist, wurde erkannt, daß die Größe des Resistmusters, welches eine Größe von ungefähr 0,2 µm aufwies und in dem vierten Beispiel gebildet wurde, verringert wurde. Die Stärke der Verringerung in der Größe verändert sich mit der Art des wasserlöslichen Harzes.

Deshalb wurde gefunden, daß die Steuerung der Größe eines Resistmusters durch Verwenden einer Vernetzungsreaktion ermöglicht wird, sogar in einem Fall, in dem ein chemisch verstärkter IIB-Resist benutzt wird, welcher t-Bocpolyhydroxystyrol und einen Säure-Erzeuger aufweist.

#### Zweiundzwanzigstes Beispiel

Die ersten Resistmuster, welche in dem oben genannten Beispielen gebildet wurden, wurden selektiv einem Elektronenstrahl mit einer Dosis von 50 µC/cm<sup>2</sup> ausgesetzt.

Die derart ausgesetzten Resistmuster wurden mit einem zweiten Resist beschichtet, d. h. einer gemischten wäßrigen Lösung, welche aus einer wäßrigen Lösung von Polyvinylacetalharz und (10 Gew.-% von) Methoxyethylenharnstoff, das als ein wasserlösliches Vernetzungsmittel in den elften Beispiel dient, gebildet ist. Der zweite Resist wurde auf den Wafer aufgebracht, und der Wafer wurde mit dem zweiten Resist durch Schleuderbeschichtung beschichtet. Der derart beschichtete Wafer wurde ferner einer Misch- und Temper(MB)-Behandlung bei 110°C für 60 Sekunden unterzogen, wobei auf diese Weise eine Vernetzungsreaktion verursacht wurde.

Nachfolgend wurde eine nicht vernetzte Schicht aufgelöst und von dem Wafer entfernt durch folgende Schritte: Reinigen des Wafers mit einer wäßrigen Lösung von Isopropylalkohol für 10 Sekunden in einer stationären Weise; ferner Spülen des Wafers mit Wasser für 60 Sekunden, und Trocknen des Wafers, während er gedreht wurde.

Die Wafer wurden dann einer Nachtemper-Behandlung bei 110°C ausgesetzt, wobei auf diese Weise eine vernetzte Schicht eines zweiten Resists oberhalb der ersten Resistmuster gebildet wurde. Schließlich wurde ein zweites Resistmuster gebildet, wie es in Fig. 20 gezeigt ist.

Im Hinblick auf die in Fig. 20 gezeigten Resistmuster wurden die Größe der Resistmuster (oder der Durchmesser eines Lochs), welches nach dem Bilden der vernetzten Schicht gebildet wurde, im Hinblick auf Flächen der Resistmuster, die dem Elektronenstrahl ausgesetzt waren, und auf Flächen der Resistmuster, die dem Elektronenstrahl nicht ausgesetzt waren, gemessen.

Wie es von einer Tabelle in Fig. 27 offensichtlich ist, wurde eine Verringerung in der Größe des Resistmusters - welches eine Größe von ungefähr 0,36 µm aufwies und in dem zweiten Beispiel gebildet wurde - in den nicht ausgesetzten Flächen gefunden. Im Gegensatz dazu trat keine Vernetzungsreaktion in den selektiv ausgesetzten Flächen auf und es wurde keine Verringerung in der Größe des Loches in den ausgesetzten Flächen gefunden.

Deshalb ist es offensichtlich, daß falls die Resistmuster auf selektive Weise einem Elektronenstrahl ausgesetzt werden, keine Vernetzungsreaktion in den ausgesetzten Flächen auftritt, und deshalb die Größe eines Resistmusters auf selektive Weise gesteuert werden kann.

Wie oben beschrieben wurde, liefert die vorliegende Erfindung Material zum Benutzen beim Bilden von auf kleinste Weise getrennten Mustern, welches die Bildung von getrennten Resistmustern oder Mustern mit Löchern ermöglicht, die kleiner sind als die Grenze der Wellenlänge von Licht, wie auch ein Verfahren zum Bilden kleinster Muster

aus diesem Material. Gemäß der vorliegenden Erfindung werden beträchtlich saubere kleinste Muster erzeugt, welche frei von tropfenartigen Fehlern oder ungelösten Rückständen sind. Als eine Folge kann der Abstand zwischen Linien eines Resistmusters verringert werden in einem viel größeren Ausmaß, als im Vergleich zu den vorhandenen Resistmustern.

Auf kleinste Weise getrennte Räume oder Löcher können in einem Halbleitersubstrat gebildet werden durch Verwenden der auf diese Weise auf kleinste Weise getrennten Resistmuster als Masken.

Gemäß der oben genannten Herstellungsverfahren ist es möglich, eine Halbleitervorrichtung mit auf kleinste Weise getrennten Räumen oder Löchern herzustellen.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung mit den Schritten:

Bilden eines ersten Resistmusters, das eine Säure auf einem Halbleitersubstrat liefern kann, durch Aufwachsen eines ersten Resists und durch Bilden eines Musters auf dem ersten Resist,

Bilden eines zweiten Resists auf dem ersten Resistmuster, wobei der zweite Resist das erste Resistmuster nicht auflösen kann und eine Vernetzungsreaktion in der Anwesenheit einer Säure verursachen kann,

Bilden einer vernetzten Schicht entlang der Grenzfläche zwischen dem ersten Resistmuster und dem an das erste Resistmuster angrenzenden zweiten Resist durch die Säure, die von dem ersten Resistmuster geliefert wird,

Bilden eines zweiten Resistmusters durch eine Mehrschrittbearbeitung, bei der nicht vernetzte Abschnitte des zweiten Resists durch Verwenden einer Lösung eines hohen Lösungsvermögens, welche das erste Resistmuster nicht auflösen kann, aber den zweiten Resist auflösen kann, entwickelt werden und bei der das Substrat mit einer Lösung eines niedrigen Lösungsvermögens gespült wird, und

Ätzen des Halbleitersubstrats unter Verwenden des zweiten Resistmusters als eine Maske.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem als die Lösung eines hohen Lösungsvermögens eine gemischte Lösung verwendet wird, die durch Mischen von Wasser mit Alkohol oder einem wasserlöslichen organischen Lösungsmittel in einem derartigen Ausmaß, daß sie den ersten Resist nicht auflöst, gebildet wird, und als die Lösung eines niedrigen Lösungsvermögens Wasser verwendet wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, bei dem als die Lösung eines hohen Lösungsvermögens eine Lösung verwendet wird, welche einen grenzflächenaktiven Stoff aufweist.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem der erste Resist eine Säure erzeugt, wenn er Licht ausgesetzt wird oder wenn er einer Wärmebehandlung unterzogen wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem der erste Resist eine darin enthaltene Säure freisetzt, wenn er einer Wärmebehandlung unterzogen wird, zum Verursachen einer Vernetzungsreaktion an einer Grenzfläche mit dem zweiten Resist.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem der erste Resist eine Säure erzeugt, wenn er Licht ausgesetzt wird und wenn er einer Wärmebehandlung unterzogen wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei

dem als der erste Resist ein Resist verwendet wird, welcher eine Säure enthält.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem die Oberfläche des ersten Resistmusters durch Verwenden einer säurehaltigen Flüssigkeit oder eines säurehaltigen Gases bearbeitet wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem die vernetzte Schicht entlang der Oberfläche einer vorbestimmten Fläche des ersten Resistmusters gebildet wird durch selektives einem Licht Aussetzen der vorbestimmten Fläche und durch Heizen der auf diese Weise ausgesetzten Fläche.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem die vernetzte Schicht entlang der Oberfläche einer vorbestimmten Fläche des ersten Resistmusters gebildet wird durch selektives Aussetzen der vorbestimmten Fläche einem Elektronenstrahl.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei dem der erste Resist aus einer Mischung gebildet wird, welche Novolak-Harz und ein auf Naphthochinondiazid basierendes lichtempfindliches Mittel aufweist.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, bei dem als der erste Resist ein chemisch verstärkter Resist verwendet wird, in welchem ein Mechanismus zum Erzeugen einer Säure abläuft, wenn der Resist UV-Strahlen oder einem Elektronenstrahl oder Röntgenstrahlen ausgesetzt wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, bei dem der zweite Resist aus einer Gruppe ausgewählt wird, welche ein wasserlösliches Harz, ein wasserlösliches Harz, welches eine Vernetzungsreaktion in der Anwesenheit einer Säure verursacht, ein wasserlösliches Vernetzungsmittel und Mischungen davon aufweist.

14. Verfahren nach Anspruch 13, bei dem das wasserlösliche Harz aus der Gruppe ausgewählt wird, die aus Polyacrylsäure, Polyvinylacetal, Polyvinylpyrrolidon, Polyvinylalkohol, Polyethylenimin, Styrol-Maleinsäureanhydrid-Copolymer, Polyvinylamin, Polyallylamin, wasserlösliche Harze, welche Verbindungen der Oxazolgruppe enthalten, wasserlösliches Urethan, wasserlösliches Phenol, wasserlösliches Epoxy, wasserlösliche Melaminharze, wasserlösliche Harnstoffharze, Alkydharze, Sulfonamid, eine Art von Salz davon und eine Mischung von zwei oder mehr Arten davon aufweist.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 14, bei dem als wasserlösliches Vernetzungsmittel eine Art von Material oder zwei oder mehr Arten von Materialien verwendet werden, die aus der Gruppe ausgewählt werden, welche auf Melamin basierende Vernetzungsmittel, Melamin-Derivate, Methylolmelamin-Derivate, auf Harnstoff basierende Vernetzungsmittel, Harnstoff-Derivate, Methylolharnstoff-Derivate, Ethylenharnstoffcarboxylate, Methyloläthylenharnstoff-Derivate, auf Aminen basierende Vernetzungsmittel, Benzoguanamin, Glykoluril und Isocyanate aufweist.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15, bei dem als der zweite Resist Polyvinylacetalharz verwendet wird und die Menge des zweiten Resists, die mit dem ersten Resistmuster reagiert, durch Steuern des Ausmaßes der Acetalbildung des Polyvinylacetalharzes gesteuert wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16, bei dem als der zweite Resist eine Mischung aus einem wasserlöslichen Harz und einem wasserlöslichen Vernetzungsmittel verwendet wird und die Menge des zweiten Resistes, die mit dem ersten Resistmuster rea-

giert, durch Steuern der Menge des Verhältnisses des wasserlöslichen Vernetzungsmittels gesteuert wird.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 17, bei dem als ein Lösungsmittel für den zweiten Resist Wasser oder ein gemischtes Lösungsmittel, welches Wasser, Alkohol und N-Methylpyrrolidon enthält, verwendet wird.

19. Halbleitervorrichtung, die durch das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18 hergestellt ist.

---

Hierzu 16 Seite(n) Zeichnungen

---

FIG. 1 (a)

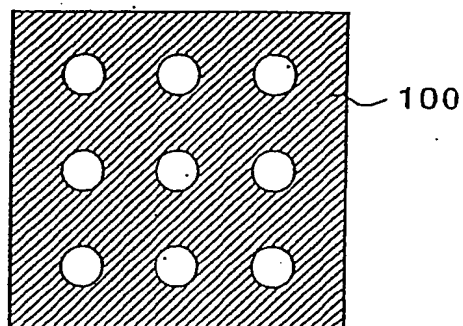


FIG. 1 (b)

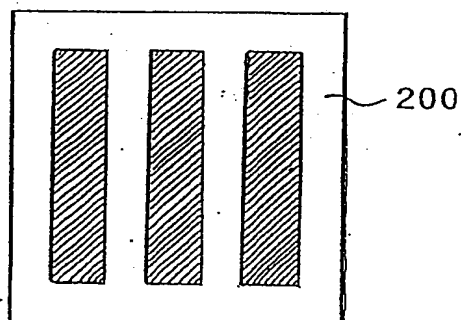


FIG. 1 (c)

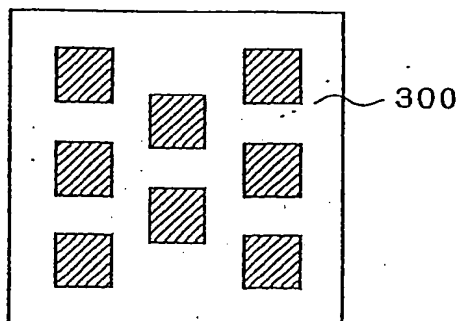


FIG. 2 (a)

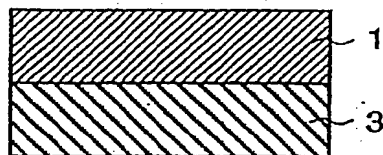


FIG. 2 (b)

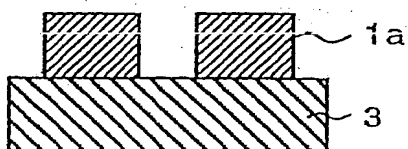


FIG. 2 (c)

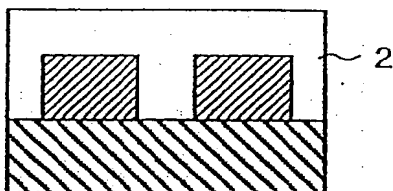


FIG. 2 (d)

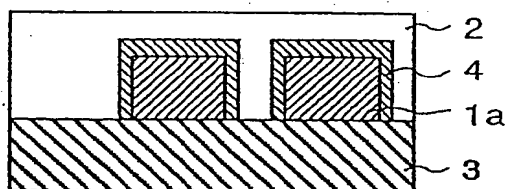


FIG. 2 (e)

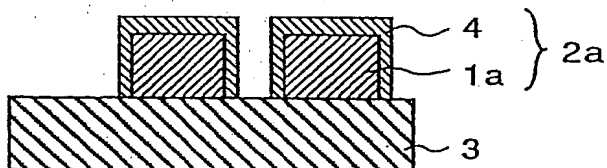


FIG. 3 (a)

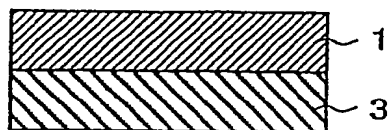


FIG. 3 (b)

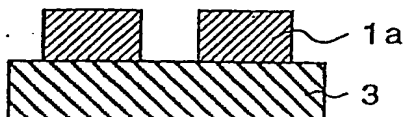


FIG. 3 (c)

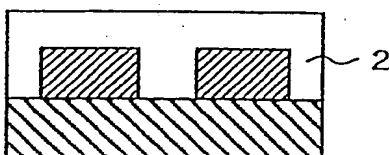


FIG. 3 (d)

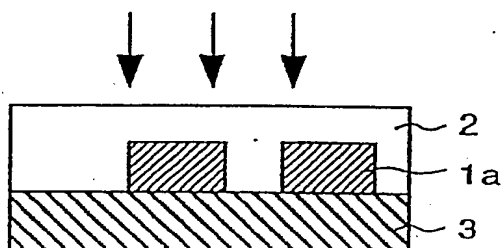


FIG. 3 (e)

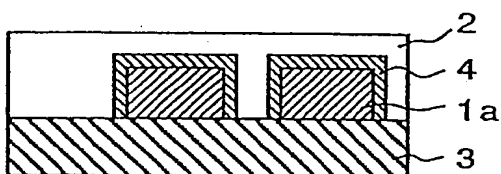


FIG. 3 (f)

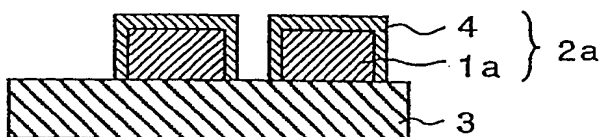
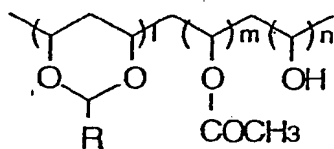
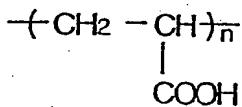


FIG. 4

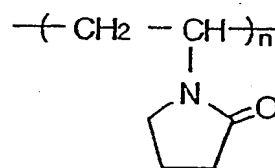


R = H, CH<sub>3</sub>

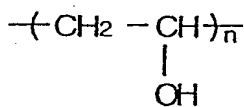
POLYVINYLACETAL



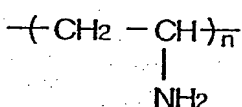
POLYACRYLSÄURE



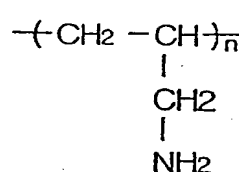
POLYVINYLPIRROLIDON



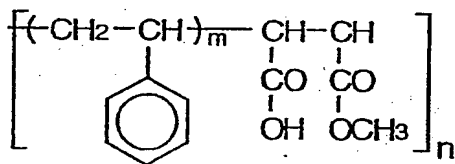
POLYVINYLSALCOHOL



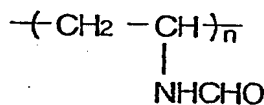
POLYVINYLAMIN



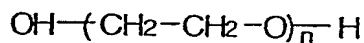
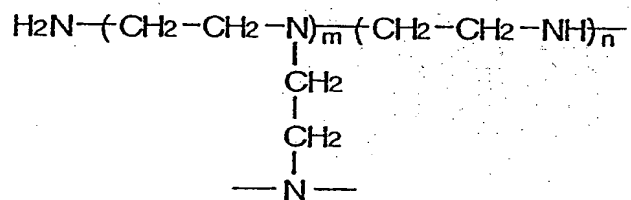
POLYALLYLAMIN



STYROL-MALEINSÄURE-COPOLYMER

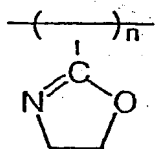


POLY-N-VINYLFORMAMID



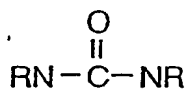
POLYETHYLENOXID

POLYETHYLENIMID

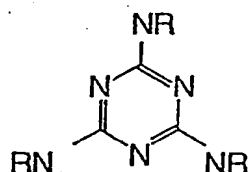


OXAZOL-HALTIGES WASSERLÖSLICHES HARZ

FIG. 5

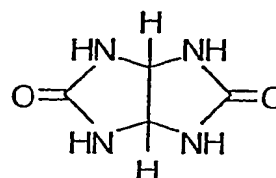


HARNSTOFF-DERIVAT

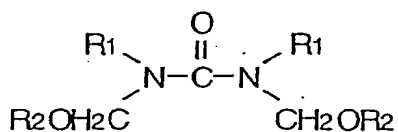


R=H, CH<sub>3</sub>, CH<sub>2</sub>OMe, CH<sub>2</sub>OEt

MELAMIN-DERIVAT



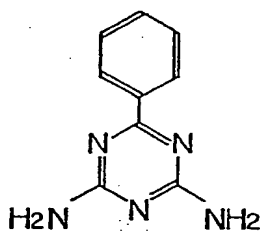
GLYKOLURIL



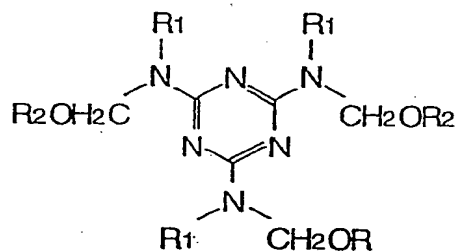
R<sub>1</sub>=H, CH<sub>3</sub>, CH<sub>2</sub>OMe, CH<sub>2</sub>OEt

R<sub>2</sub>=H, CH<sub>3</sub>, Et

METHYLOL-HARNSTOFF  
DERIVAT



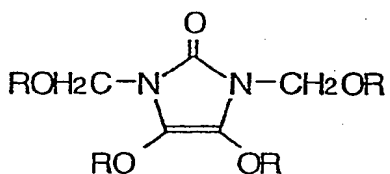
BENZOGUANAMIN



R<sub>1</sub>=H, CH<sub>3</sub>, CH<sub>2</sub>OMe, CH<sub>2</sub>OEt

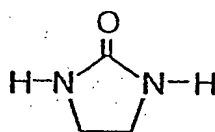
R<sub>2</sub>=H, CH<sub>3</sub>

METHYLOLMELAMIN  
DERIVAT

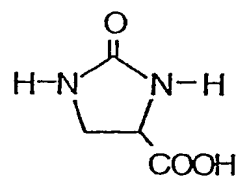


R=H, CH<sub>3</sub>, Et

METHYLOLETHYLEN-HARNSTOFF  
DERIVAT



ETHYLEN-HARNSTOFF



ETHYLEN-HARNSTOFF  
CARBOXYLAT

FIG . 6 (a)

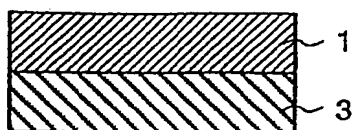


FIG . 6 (b)

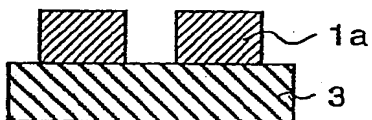


FIG . 6 (c)

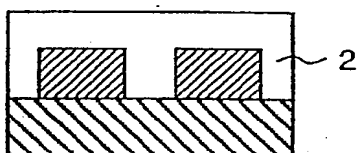


FIG . 6 (d)

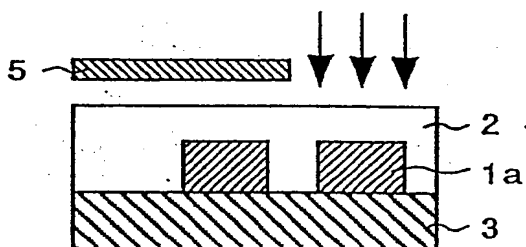


FIG . 6 (e)

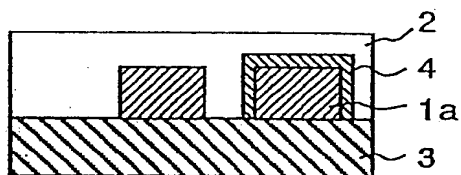


FIG . 6 (f)

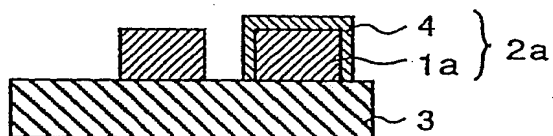




FIG. 7 (a)

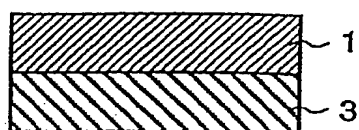


FIG. 7 (b)

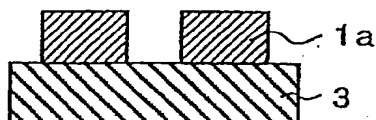


FIG. 7 (c)

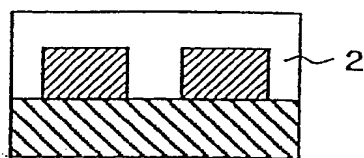


FIG. 7 (d)

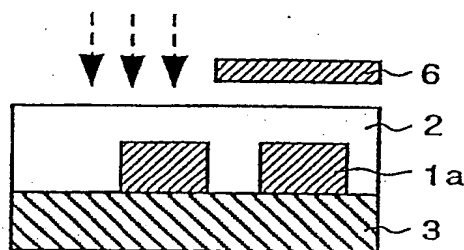


FIG. 7 (e)

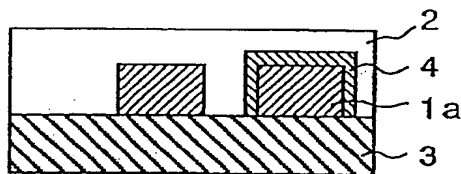


FIG. 7 (f)

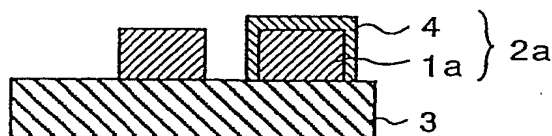


FIG. 8 (a)

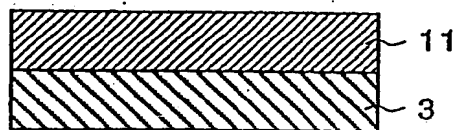


FIG. 8 (b)

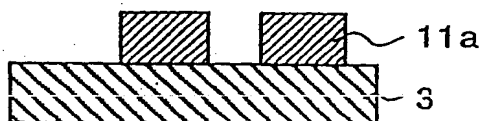


FIG. 8 (c)

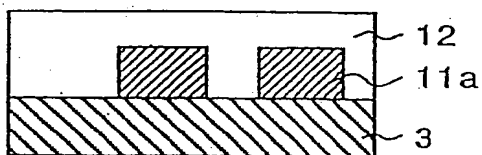


FIG. 8 (d)

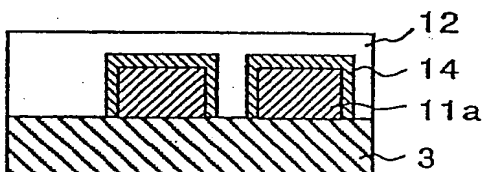


FIG. 8 (e)

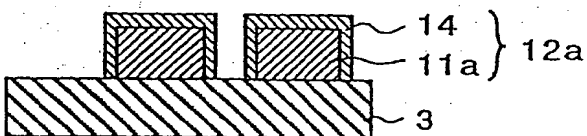


FIG . 9 (a)

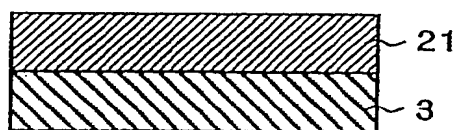


FIG . 9 (b)

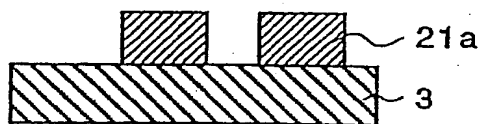


FIG . 9 (c)

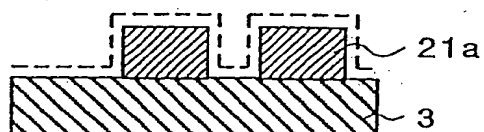


FIG . 9 (d)

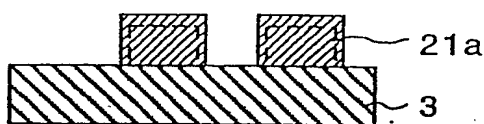


FIG . 9 (e)

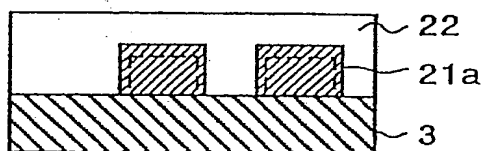


FIG . 9 (f)

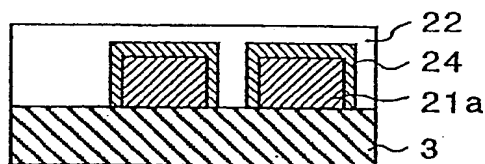


FIG . 9 (g)

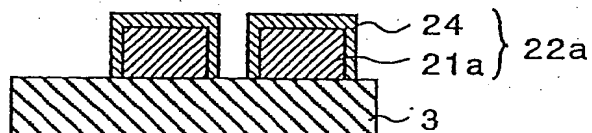


FIG. 10 (a)

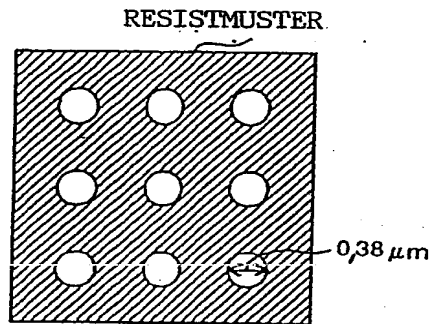


FIG. 10 (b)

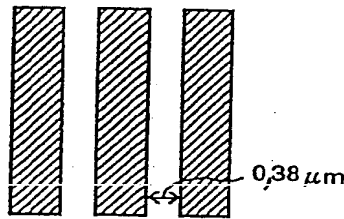


FIG. 10 (c)

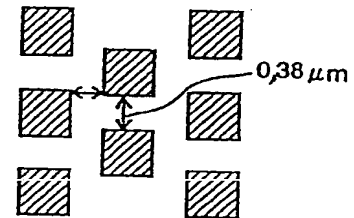


FIG. 11 (a)

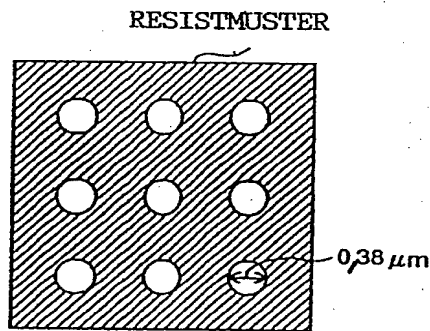


FIG. 11 (b)

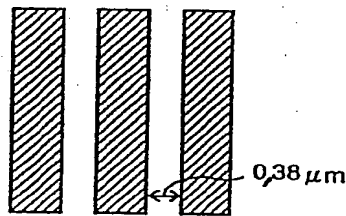


FIG. 11 (c)

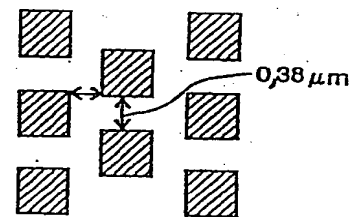


FIG. 12 (a)

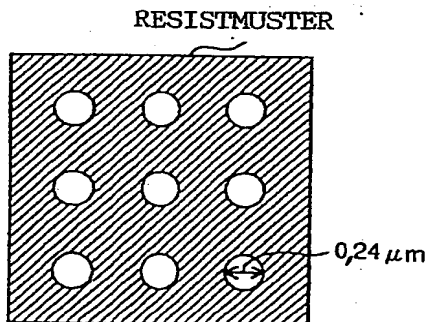


FIG. 12 (b)

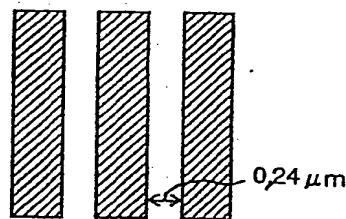


FIG. 12 (c)

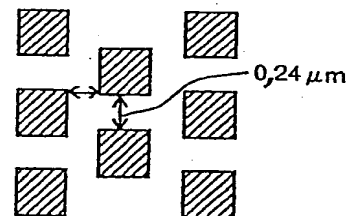


FIG. 13 (a)

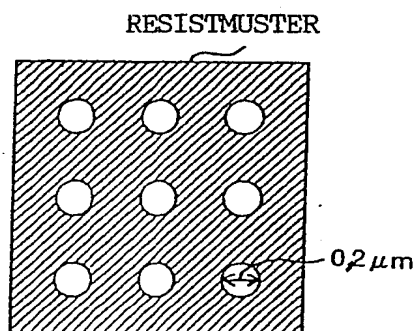


FIG. 13 (b)

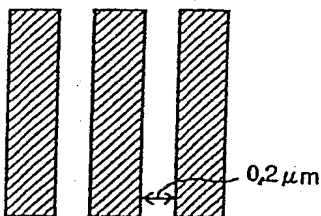


FIG. 13 (c)

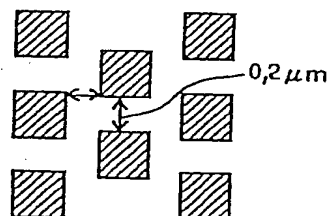


FIG. 14 (a)

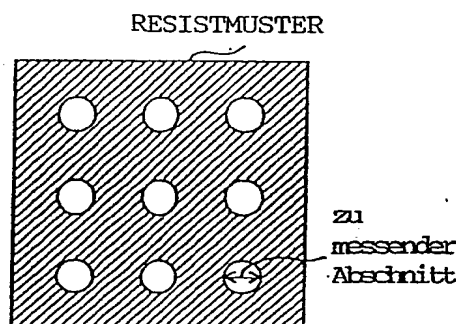


FIG. 14 (b)

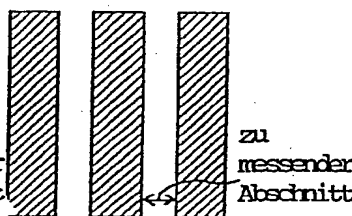


FIG. 14 (c)

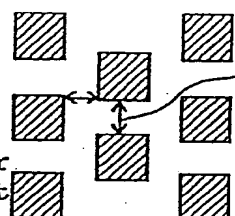

 zu messender  
 Abschnitt

FIG. 15

MISCHVERHÄLTNIS (Gew.-%)		
PLYVINYLACETAL	POLYVINYLALKOHOL	GESAMGRÖSSE (μm)
0	0	0,38
0	0	0,37
5	3,68	0,36
5	1,76	0,34
5	1	0,28

FIG. 16

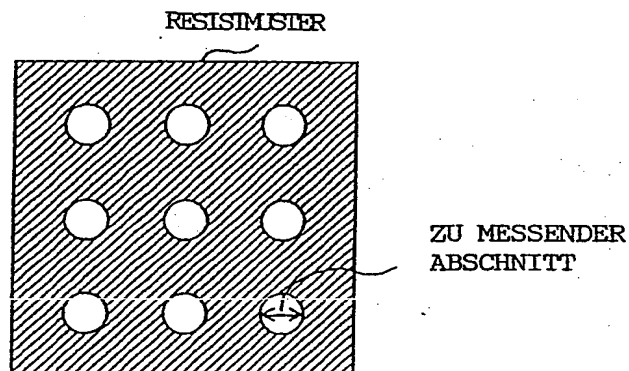


FIG. 17

PROBE	GESAMTGRÖSSE ( $\mu\text{m}$ )
VERGLEICHSPRODUKT	0,36
NICHT DEM LICHT AUSGESETZTE GESAMTOBERFLÄCHE	0,25
DEM LICHT AUSGESETZTE GESAMTOBERFLÄCHE	0,22

FIG. 18(a)

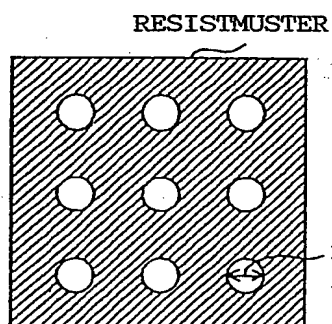


FIG. 18 (b)

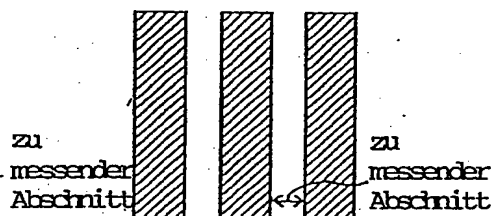


FIG. 18 (c)

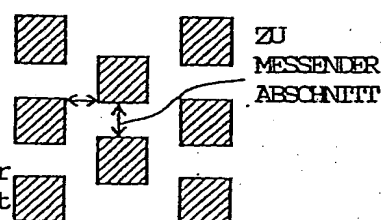


FIG. 19

MB TEMPERATUR (°C)		GESAMTGRÖSSE ( $\mu\text{m}$ )	LINIENABSTAND ( $\mu\text{m}$ )	INSELABSTAND ( $\mu\text{m}$ )
	BEISPIEL	0,36	0,40	0,40
105		0,26	0,329	0,325
115		0,24	0,321	0,319
125		0,22	0,312	0,308

FIG. 20

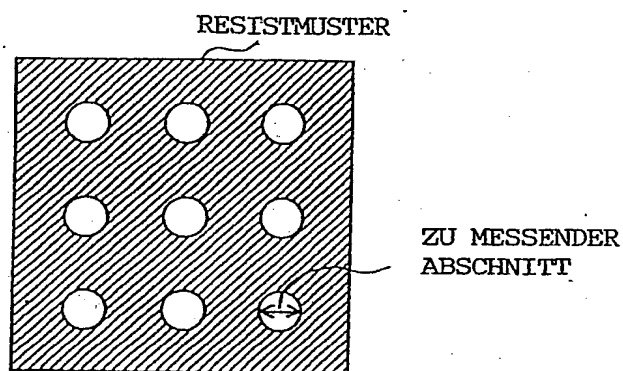


FIG. 21

	MB TEMPERATUR (°C)	
KONZENTRATION VON METHOXYETHYLEN- HARNSTOFF (Gew.-%)	100	110
BEISPIEL 2	0,41	0,41
0	0,40	0,39
11	0,38	0,38
20	0,34	0,31
27	0,30	0,28

FIG. 22

WASSERLÖSLICHES MATERIAL	GESAMTGRÖSSE ( $\mu\text{m}$ )
BEISPIEL 3	0,24
POLYVINYLACETAL-HARZ ALLEINE	0,22
POLYVINYLACETAL-HARZ + N-METHOXYMETHYL-DIMETHOXYMETHYLEN-HARNSTOFF	0,12
POLYVINYLACETAL-HARZ + N-METHOXYMETHYL-HYDROXYMETHOXYMETHYLEN-HARNSTOFF	0,13
POLYVINYLACETAL-HARZ + N-METHOXYMETHYL-HARZ	0,18

FIG. 23

MITTEL FÜR OBERE SCHICHT	RESISTMUSTERGRÖSSE (ANFANGSWERT m)	MUSTERGRÖSSE NACH DER BEHANDLUNG ( $\mu\text{m}$ )	
		MISCHTEMPER- TEMPERATUR	
		105°C	115°C
POLYVINYLACETAL-HARZ + METHOXYETHYLEN-HARNSTOFF/ (10 Gew.-%)	0,24	0,20	0,16
POLYVINYLACETAL-HARZ + METHOXYETHYLEN-HARNSTOFF (20 Gew.-%)	0,24	0,16	0,13



FIG. 24

TEMPER-TEMPERATUR (°C)	GESAMTGRÖSSE	
	POLYVINYLALKOHOL	POLYVINYLALKOHOL (N-METHOXYMETHYL) DIMETHOXYETHYLEN-HARN- STOFF
BEISPIEL 3	0,24	0,24
95	0,24	0,18
105 (FIG. 21)	0,24	0,14
115	0,24	0,12

FIG. 25

ZWEITER RESIST	REINIGUNGSVERFAHREN DES ZWEITEN RESIST	KLA-MUSTER FEHLER-UNTERSUCHUNG	
		FEHLER- ZAHL	RÜCKSTANDS- ZAHL
POLYVINYLALKOHOL	REINES WASSER / 60 SEKUNDEN REINIGUNG	400	300
	REINES WASSER / 180 SEKUNDEN REINIGUNG	220	110
	REINES WASSER / 300 SEKUNDEN REINIGUNG	200	110
	REINES WASSER + ISOPROPYLALKOHOL / 10 SEKUNDEN REINIGUNG	0	0
	REINES WASSER / 50 SEKUNDEN REINIGUNG		
POLYVINYLAKOHOL (N-METHOXYMETHYL) DIMETHOXYETHYLEN- HARNSTOFF	REINES WASSER / 60 SEKUNDEN REINIGUNG	5	1
	REINES WASSER + ISOPROPYLALKOHOL / 10 SEKUNDEN REINIGUNG	0	0
	REINES WASSER / 50 SEKUNDEN REINIGUNG		

FIG. 26

MITTEL FÜR OBERE SCHICHT	RESISTMUSTERGRÖSSE (ANFANGSWERT $\mu\text{m}$ )	MUSTERGRÖSSE NACH DER BEHANDLUNG ( $\mu\text{m}$ )	
		MISCHTEMPER- TEMPERATUR	
		105°C	115°C
POLYVINYLACETAL-HARZ + METHOXYETHYLENHARNSTOFF (10Gew.-%)	0,20	0,18	0,14
POLYVINYLACETAL-HARZ + METHOXYETHYLENHARNSTOFF (20Gew.-%)	0,20	0,14	0,11
POLYVINYLSALICAT-HARZ + METHOXYETHYLENHARNSTOFF (10Gew.-%)	0,20	0,18	0,16

FIG. 27

	RESISTMUSTERGRÖSSE	MUSTERGRÖSSE NACH DER BEHANDLUNG
BEISPIEL 2	0,36	—
BEISPIEL 20	MIT ELEKTRONENSTRAHL BE- STRAHLTER ABSCHNITT	0,36
	NICHT MIT ELEKTRONENSTRAHL BESTRAHLTER ABSCHNITT	0,24